

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. E. von Boguslawski

Nährstoffverhältnis in der Düngung und in der
Pflanze bei steigender Düngungsintensität
unter Berücksichtigung der Fruchtfolge

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich „Angewandte Biologie“
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Mohsen Farzaneh
geboren in Kermanschah/Iran

Gießen 1973

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. Dr. h.c. E. von Boguslawski

Nährstoffverhältnis in der Düngung und in der Pflanze bei steigender Düngungsintensität unter Berücksichtigung der Fruchtfolge

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich „Angewandte Biologie“
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Mohsen Farzaneh
geboren in Kermanschah/Iran

Gießen 1973



Dekan:

Prof. Dr. H. Schmutterer

1. Berichterstatter: Prof. Dr.Dr.h.c. E.v. Boguslawski
2. Berichterstatter: Prof. Dr.Dr.h.c. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Juli 1973

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung und Literatur	1
2. Methodik	6
3. Standortbeschreibung	10
3.1 Klima, Witterung	10
3.1.1 Witterungsablauf 1964 bis 1967	11
3.1.2 Witterungsverlauf 1968 bis 1971	12
3.2 Boden	14
4. Darstellung der Ergebnisse	15
4.1 Erträge	15
4.1.1 Zuckerrüben 1964/1968	15
4.1.2 Winterweizen 1965/1969	17
4.1.3 Sommergerste 1966/1970	19
4.1.4 Hafer 1967/1971	21
4.2 Korn- und Rübenproduktionsfaktoren	24
4.2.1 Zuckerrüben 1964/1968	24
4.2.2 Winterweizen 1965/1969	26
4.2.3 Sommergerste 1966/1970	26
4.2.4 Hafer 1967/1971	29
4.3 Nährstoffgehalte	29
4.3.1 Zuckerrüben 1964/1968	31
4.3.2 Winterweizen 1965/1969	34
4.3.3 Sommergerste 1966/1970	36
4.3.4 Hafer 1967/1971	38
4.4 Nährstoffentzug	42
4.4.1 Zuckerrüben 1964/1968	42
4.4.2 Winterweizen 1965/1969	45
4.4.3 Sommergerste 1966/1970	48
4.4.4 Hafer 1967/1971	51
4.5 Nährstoffverhältnis im Gesamtentzug	54
4.5.1 Zuckerrüben 1964/1968	54
4.5.2 Winterweizen 1965/1969	56
4.5.3 Sommergerste 1966/1970	58
4.5.4 Hafer 1967/1971	60

	Seite
4.6 Scheinbare Nährstoffverwertung	62
4.6.1 Zuckerrüben 1964/1968	62
4.6.2 Winterweizen 1965/1969	64
4.6.3 Sommergerste 1966/1970	66
4.6.4 Hafer 1967/1971	66
4.7 Nährstoffbilanzen	70
4.7.1 Erste Rotation	72
4.7.2 Zweite Rotation	73
4.7.3 Nährstoffbilanz des Versuches 1964-1971	76
4.8. Nährstoffgehalte im Boden	77
5. Diskussion und Ergebnisse	80
6. Zusammenfassung	90
7. Literaturübersicht	92
8. Anhang	99

1. Einleitung und Literatur

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Problematik des Nährstoffverhältnisses in Düngung und Pflanze liefern. Dazu werden Ergebnisse eines achtjährigen, über zwei Rotationen der Fruchtfolge Zuckerrüben - Winterweizen - Sommergerste - Hafer laufenden Feldversuches, angelegt auf dem Gießener Versuchsfeld des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität Gießen, herangezogen.

Ein kurzer Rückblick auf die vorausgegangenen Forschungsarbeiten und die darüber veröffentlichte Literatur ist jedoch unerlässlich, bevor die vorliegenden Ergebnisse im einzelnen dargestellt werden.

C. SPRENGEL 1838, Justus von LIEBIG 1840 und HELLRIEGEL 1883 schufen um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit der Mineralstofftheorie die Grundlage der heutigen Pflanzenernährungslehre. Damit ist die Mineraldüngung zu einem der wichtigsten Faktoren bei der Steigerung der Pflanzenproduktion geworden.

Nachdem die Bedeutung der Mineralstoffe für das Wachstum und die Ertragsbildung der Pflanzen bekannt war, beschäftigte sich in der Folgezeit die Wissenschaft mit der Frage der Nährstoffaufnahme und der durch die Ernten entzogenen Nährstoffmengen. Umfangreiche Forschungsarbeiten waren notwendig, um exakte Zahlen aus Gefäß- und Feldversuchen zu erhalten, die Rückschlüsse auf die praktischen Gegebenheiten ermöglichen.

Die Nährstoffaufnahme der Pflanze wird von vielen Faktoren beeinflusst. Boden, Klima, die Wasserversorgung, die Pflanzenart selbst und eine richtige Bemessung der Düngergaben

spielen dabei eine besondere Rolle. Die landwirtschaftliche Praxis erhielt so wertvolle Anhaltspunkte zur mengenmäßig richtigen Düngung für einen bestimmten Ertrag pro Flächeneinheit durch A. STUTZER 1906 und E. WOLFF 1920, die als erste Autoren Nährstoffgehalte und Entzugsmengen veröffentlichten.

In der Folgezeit befaßten sich viele Autoren mit der Nährstoffaufnahme und dem Nährstoffentzug durch die Pflanzen. Um nur einige zu nennen, werden die folgenden Namen angeführt: P. WAGNER 1907, Th. REMY 1909-1925, E.A. MITSCHERLICH 1924, W. SCHNEIDEWIND 1928, F. HONCAMP 1931, H. LUNDEGARDH 1932, NEUBAUER 1934 und van ITALLIE 1939. Neuere Veröffentlichungen über Nährstoffentzüge der Kulturpflanzen finden sich bei E. von BOGUSLAWSKI 1938, E.A. MITSCHERLICH 1948, RHEINWALD 1948, ROEMER und SCHEFFER 1951, SCHARRER 1953, SELKE 1955, von BOGUSLAWSKI und JACOB 1957, von BOGUSLAWSKI und von GIERKE 1957, KÖHNLEIN und KNAUER 1957 und von BOGUSLAWSKI, ATANASIU und SHAAABAN 1965.

C. SPRENGEL erkannte relativ früh, daß neben der Menge der aufgenommenen Nährstoffe das Verhältnis dieser zueinander eine außerordentlich große Rolle spielt. Schon 1834 sprach er von der "Harmonie der Nährstoffe". Diese Bezeichnung ist aber heute nicht mehr ausreichend, da andere, vor allem Faktoren des Klimas, des Bodens und der Bewirtschaftung, also Standortfaktoren für die Ertragsbildung als wesentlich erkannt wurden.

Die Wissenschaft beschäftigte sich eingehend mit der Klärung dieser Frage. In neuerer Zeit konnten die darüber vorhandenen Kenntnisse vertieft werden. Um exakte Entzugszahlen zu erlangen, kam es darauf an, einmal das Nährstoffverhältnis in der Düngung und zum anderen das in der Pflanze zu untersuchen. Da nun jede Pflanze ihr eigenes Nährstoffverhältnis in der Aufnahme besitzt, muß dieser Umstand in der

Düngung berücksichtigt werden. PFEIFFER und RIPPEL 1921, MITSCHERLICH und Mitarbeiter 1935, RACKMANN 1935/1938, BLANCK und Mitarbeiter 1936 und OPITZ und Mitarbeiter 1937 versuchten festzustellen, ob sich das Nährstoffverhältnis in der Pflanze durch das in der Düngung beeinflussen läßt. Aus der Vielzahl von Nährstoffkombinationen in der Düngung wollte man den optimalen Ertrag und damit das wirksamste Nährstoffverhältnis der Düngung finden.

Von BOGUSLAWSKI, A. VÖMEL und G. REICHELT 1952 geben das Verhältnis aus Gefäßversuchen für Getreide mit N:K:P = 1:1,25:0,44 an. Von BOGUSLAWSKI 1952, 1954, M.v. HOMES 1953, BRAUNWELL 1956, POPP 1958, WÜSTENHAGEN 1959 und BUSSLER 1966 versuchten mit Hilfe des polyfaktoriellen Versuches das optimale Nährstoffverhältnis in der Düngung zu finden. Es wurde nachgewiesen, daß bei unterschiedlicher Intensität der Düngung jeweils ein anderes Nährstoffverhältnis als optimal bezeichnet werden kann. Da die meisten Ergebnisse auf Gefäßversuchen beruhten, befaßten sich S. GERICKE 1943, E.A. MITSCHERLICH 1947, von BOGUSLAWSKI et al. 1954 und A. BUCHNER 1956 in Feldversuchen mit dem Verhältnis in der Düngung und versuchten, das optimale Düngungsverhältnis aufgrund der Erträge zu ermitteln. Durch die Feststellung des Nährstoffverhältnisses in der Pflanze wurde der Einfluß der Standortfaktoren im Vergleich zu vorangegangenen Gefäßversuchen erfaßt.

Nach E.A. MITSCHERLICH stellt die Nährstoffbilanz eine Gegenüberstellung von Nährstoffzufuhr durch Düngung und Nährstoffentzug durch die Pflanze dar. Bei einer ausgeglichenen Bilanz halten sich demnach die Nährstoffzufuhr durch Düngung und der Nährstoffentzug mit der Ernte die Waage. Das Ziel der Düngung sollte aber eine positive Bilanz für alle Nährstoffe in Rotationen der Fruchtfolge sein, da nur so die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig gefördert werden kann. S. GERICKE (1967) ist auf diese Frage (bezogen auf das Bundesgebiet) näher eingegangen und hat nachfolgende Tabelle aufgestellt:

Tabelle 1

Nährstoffbilanz bei steigenden Nährstoffgaben

N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
Zufuhr kg/ha	Entzug N kg/ha	Bilanz	Entzug unge- düngt	Zufuhr kg/ha	Entzug P ₂ O ₅ kg/ha	Bilanz	Entzug unge- düngt	Zufuhr kg/ha	Entzug K ₂ O kg/ha	Bilanz	Entzug unge- düngt
31	64	-33	47	34	30	+ 4	23	44	101	-57	63
44	79	-35	56	44	32	+12	24	55	109	-54	61
55	88	-33	59	54	34	+20	25	65	116	-51	59
65	84	-19	61	64	36	+28	25	75	116	-41	63
75	84	- 9	54	72	37	+35	23	84	111	-27	61
86	86	0	57	85	39	+46	24	94	113	-19	63
96	87	+ 9	48	92	40	+52	25	104	120	-16	64
112	99	+13	53	105	41	+64	25	115	135	-20	66
134	116	+18	50	119	41	+78	25	125	140	-15	67
				138	42	+96	28	135	141	- 6	67
								145	146	- 1	67
								155	153	+ 2	70
								165	162	+ 3	69
								182	170	+12	70
								207	182	+25	71

Gesamt- P_2O_5 , davon 50 % verfügbar.

Bei einer mittleren Laufzeit von 9 Jahren umfaßt die Stickstoffbilanz 104 langjährige Versuche mit 869 Erntejahren, bei der Phosphorsäure 122 Versuche mit 1037 Erntejahren und bei Kali 135 Versuche mit 1176 Erntejahren.

Die stark negative Bilanz, die die Ergebnisse für Stickstoff zeigen, beruht auf die niedrigeren N-Gaben bis zu 65 kg/ha. Zufuhr und Entzug gleichen sich erst bei einer N-Gabe von 86 kg/ha aus.

Da die Düngerphosphorsäure von den Pflanzen des Ackerlandes mit durchschnittlich 15 % nur gering ausgenutzt wird, ist bei der Phosphorsäure immer eine positive Bilanz vorhanden. Bei dieser Besonderheit ist es erforderlich, der Pflanze wesentlich höhere Mengen Phosphorsäure zuzuführen, um den Bedarf zu decken. Bei 85 kg/ha P_2O_5 wird ein Ausgleich zwischen der Zufuhr an aufnehmbarer Phosphorsäure und Ertrag erreicht.

Die überwiegend negative Nährstoffbilanz bei Kali zeigt, daß erst bei einer Gabe von 145 kg/ha K_2O ein Ausgleich vorhanden ist.

Mit Nährstoffbilanzen befaßten sich u.a.: A. JACOB 1938, E.A. MITSCHERLICH 1948, S. GERICHKE 1950, J. KÖHNLEIN 1957, H. FAUST 1961, von BOGUSLAWSKI 1965, W. AHLHEIM 1965, E. OEHM 1966, ANSORGE 1966, B. RUHARA 1971.

Es ist die Aufgabe dieser Arbeit, einen Beitrag zu der die Praxis interessierenden Frage zu liefern, welches Nährstoffverhältnis in der Düngung für den angesprochenen Standort als optimal zu gelten hat. Die Fragestellung bezieht sich dabei einmal auf die Ertragsleistung, zum anderen auf die Beeinflussung des Nährstoffverhältnisses in der Pflanze durch variierte Düngung, auf die "scheinbare Nährstoffverwertung" (Begriff nach E.v.BOGUSLAWSKI 1958) und auf die Nährstoffbilanz.

2. Methodik

Im Jahre 1964 wurde vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität Gießen auf dem Gießener Versuchsfeld ein Düngungsversuch mit unterschiedlichem Nährstoffverhältnis in der Düngung angelegt. Als Anlagemethode wurde die Ertragsflächenmethode nach v. BOGUSLAWSKI gewählt. Bei vierfacher Wiederholung betrug die Teilstückgröße 48 m^2 zur Versuchsanlage und 35 m^2 zur Ernte (siehe Lageplan, Abb. 1).



Der Versuch lief über zwei Rotationen in der Fruchtfolge:

Zuckerrüben
Winterweizen
Sommergerste
Hafer

Die Düngungsvarianten mit Nährstoffgaben und Nährstoffverhältnis in der Düngung sind in Tab. 2 u. 3 aufgeführt.

Tabelle 2

Düngung und Nährstoffverhältnis in der Düngung

Zuckerrüben 1964+1968				Winterweizen 1965+1969			
Variante	Düngung kg/ha		Nährstoffverhältnis	Düngung kg/ha		Nährstoffverhältnis	
	N	P		N	P		
U	-	-	-	-	-	-	-
Ko	160	42	1 : -	75	23	1 : -	0,31
Po	160	-	1 : 1,11	75	113	1 : 1,50	-
N : K : P							
1:1,11:0,35							
I ₁	120	133	1 : 1,11	50	75	1 : 1,50	0,46
I ₂	160	177	1 : 1,11	75	113	1 : 1,50	0,46
I ₃	213	236	1 : 1,11	113	170	1 : 1,50	0,46
1:1,11:0,26							
II ₁	120	133	1 : 1,11	50	75	1 : 1,50	0,30
II ₂	160	177	1 : 1,11	75	113	1 : 1,50	0,30
II ₃	213	236	1 : 1,11	113	170	1 : 1,50	0,30
1:0,83:0,26							
III ₁	120	100	1 : 0,83	50	50	1 : 1,00	0,30
III ₂	160	133	1 : 0,83	75	75	1 : 1,00	0,30
III ₃	213	177	1 : 0,83	113	113	1 : 1,00	0,30

1
~
1

Tabelle 3

Düngung und Nährstoffverhältnis in der Düngung

S o m m e r g e r s t e										H a f e r										H a f e r										1971									
1966 + 1970										1967																													
N = 1																																							
Düngung					Nährstoff-					Düngung					Nährstoff-					Düngung					Nährstoff-					Düngung					Nährstoff-				
kg/ha					verhältnis					kg/ha					verhältnis					kg/ha					verhältnis					kg/ha					verhältnis				
Variante	N	K	P		N	K	P		Variante	N	K	P		N	K	P		Variante	N	K	P		N	K	P		N	K	P		N	K	P		N	K	P		
U	-	-	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ko	50	-	20	-	1:-	0,40	-	-	Ko	60	-	21	-	1:-	0,35	-	-	Ko	75	-	21	-	1:-	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Po	50	100	-	-	1:2,00	-	-	-	Po	60	113	-	-	1:1,87	-	-	-	Po	75	113	-	-	1:1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
N : K : P	1:2,00:0,56									1:1,87:0,53									1:1,50:0,42																				
I 1	35	70	20		1:2,00	0,56		I 1	40	75	21		1:1,87	0,53		I 1		I 1	50	75	21		1:1,50	0,42															
I 2	50	100	28		1:2,00	0,56		I 2	60	113	32		1:1,87	0,53		I 2		I 2	75	113	32		1:1,50	0,42															
I 3	75	150	43		1:2,00	0,56		I 3	90	168	48		1:1,87	0,53		I 3		I 3	110	168	48		1:1,50	0,42															
1:2,00:0,40	1:1,87:0,35									1:1,50:0,28																													
II 1	35	70	14		1:2,00	0,40		II 1	40	75	14		1:1,87	0,35		II 1		II 1	50	75	14		1:1,50	0,28															
II 2	50	100	20		1:2,00	0,40		II 2	60	113	21		1:1,87	0,35		II 2		II 2	75	113	21		1:1,50	0,28															
II 3	75	150	30		1:2,00	0,40		II 3	90	168	31		1:1,87	0,35		II 3		II 3	110	168	31		1:1,50	0,28															
1:1,32:0,40	1:1,25:0,35									1:1,00:0,28																													
III 1	35	46	14		1:1,32	0,40		III 1	40	50	14		1:1,25	0,35		III 1		III 1	50	50	14		1:1,00	0,28															
III 2	50	66	20		1:1,32	0,40		III 2	60	75	21		1:1,25	0,35		III 2		III 2	75	75	21		1:1,00	0,28															
III 3	75	99	30		1:1,32	0,40		III 3	90	113	31		1:1,25	0,35		III 3		III 3	110	113	31		1:1,00	0,28															

1
α
1

Im Jahre 1971 wurde zu Hafer die Stickstoffgabe erhöht, so daß sich die Nährstoffverhältnisse in der Düngung gleichsinnig verändern.

Die ermittelten Korn- und Stroh- bzw. Rüben- und Blatterträge wurden nach der Ertragsflächenmethode von BOGUSLAWSKI (1942) verrechnet. In den entsprechenden Tabellen ist der Höchstertrag jedes Jahres gekennzeichnet. Die festgelegten Ertragsklassen (EKL) geben an, daß die Variante mit dem Höchstertrag, sowie die Varianten, die noch im Höchstertragsgebiet liegen, in den Klassenwert V eingestuft sind. Danach folgen die Ertragsklassen IV bis I und geben den Abstand vom Höchstertrag an. Von den Erntesubstanzen wurden Mittelproben gezogen und nach Aufarbeitung auf ihren Nährstoffgehalt nach folgenden Methoden analysiert (NEHRING 1960):

1. Stickstoff nach KJELDAHL
2. Phosphor nach der kolorimetrischen Vanadatmethode von GERICKE
3. Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium wurden flammenphotometrisch mit dem Eppendorf-Photometer nach der gebräuchlichen Methode festgestellt.

Beim Abschluß der Versuche wurden variantenweise Bodenproben entnommen und folgendermaßen analysiert:

Die Stickstoffbestimmung der Bodenproben wurde nach KJELDAHL, modifiziert nach JODLBAUER-FÖRSTER, durchgeführt; K_2O und P_2O_5 nach der Doppellaktatmethode von EGNER-RIEHM, Kohlenstoff nach RAUTERBERG-KREMKUS bestimmt. Außerdem wurde der pH-Wert in KCl elektrometrisch gemessen. Aus Nährstoffgehalt und Ertrag errechnet sich der Nährstoffentzug in kg/ha. Bei der Umrechnung in das Verhältnis der Nährstoffe wird $N = 1$ gesetzt. Eine Annäherung von Kalium und Phosphor an 1 wird als eine Verengung, eine Entfernung von 1 als Erweiterung bezeichnet. Ferner wird die scheinbare Nährstoffverwertung nach der Formel
$$\frac{\text{Ertrag dz/ha}}{\text{Nährstoffentzug kg/ha}} \times 100$$
 errechnet.

Die Kornproduktionsfaktoren (KPF) bzw. Rübenproduktionsfaktoren (RPF) ergeben sich aus Korn bzw. Rüben.
Stroh Blatt

3. Standortbeschreibung

3.1 Klima, Witterung

Das Versuchsfeld Gießen liegt in der Lahnebene, nordwestlich der Stadt mit 150 m über NN. Der Standort weist im langjährigen Mittel 1947-1971 folgende Klimadaten auf: Durchschnittliche Jahrestemperaturen $9,0^{\circ}\text{C}$ und durchschnittlicher Niederschlag 613 mm.

In der Abb. 2 ist das Klimadiagramm (nach WALTHER) im fünf- undzwanzigjährigen Mittel dargestellt. In Abb. 3 sind die entsprechenden Klimadiagramme für die beiden Fruchtfolgerotationen gegenübergestellt. Die Meßwerte befinden sich im Anhang.

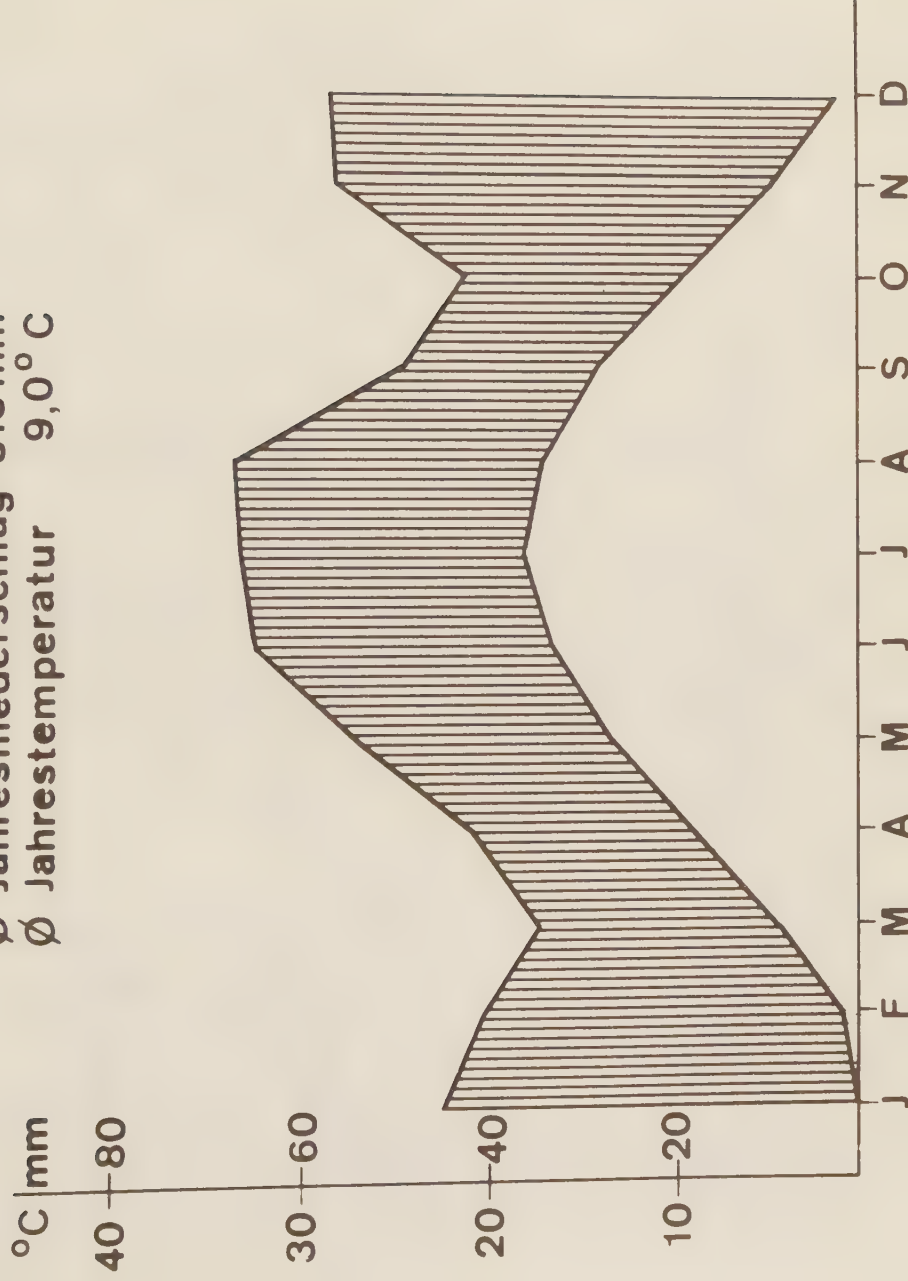
Beim Klimadiagramm nach WALTHER 1956 werden Temperaturen und Niederschläge in einem Koordinatenkreuz in der Weise eingetragen, daß die 10°C -Linie auf der 20 mm Niederschlagslinie liegt. Verläuft die Temperaturkurve unter der Niederschlagskurve (längs gestrichelt), so ist der Niederschlag höher als die Verdunstung. Liegt die Temperaturkurve aber über der Niederschlagskurve (dunkle Fläche), so ist die Verdunstung höher als der Niederschlag, z.B. im Sommer 1964. In diesem Fall zeigt die dunkle Fläche nach WALTHER an, daß eine "Dürreperiode" eingetreten ist. Wird aber die 10°C -Linie auf die 30 mm Niederschlagslinie verschoben (s. gepunktete Linie in Abb.), so zeigt die Zeit, wo die Temperaturkurve über der Niederschlagslinie liegt, eine "Trockenperiode" an. Dies war z.B. 1971 der Fall (Abb. 3).

Abb.2

Langjähriges Mittel 1947 – 1971

Ø Jahresniederschlag 613 mm

Ø Jahrestemperatur 9,0° C



3.1.1 Witterungsablauf 1964 bis 1967 (Abb. 3)

Die Monate Januar bis Oktober 1964 waren sehr niederschlagsarm, und die Werte lagen unter dem langjährigen Mittel.

Dem ausgesprochen trockenen Frühjahr folgte ein ebenso trockener Sommer; das hatte zur Folge, daß zahlreiche Dürreschäden auftraten und machte sich in relativ niedrigen Erträgen bemerkbar.

Im Januar trat Frost ein, und die mittleren Temperaturen sanken bis zu $-2,6^{\circ}\text{C}$. Der Monat März war zu kalt und blieb um $2,7^{\circ}\text{C}$ unter dem langjährigen Mittel. Die Temperaturen der Folgemonate erbrachten keinen wesentlichen Unterschied zum Durchschnittswert.

Der Witterungsverlauf 1965 ist durch hohe Niederschläge gekennzeichnet. Die Monate März bis August, mit Ausnahme des Monats Mai, weisen überdurchschnittlich hohe Niederschläge auf. Der Oktober war sehr niederschlagsarm und zeigte eine Trockenperiode. In den beiden letzten Monaten des Jahres stiegen die Niederschläge an und lagen im Dezember mit 148,6 mm weit über dem normalen Wert.

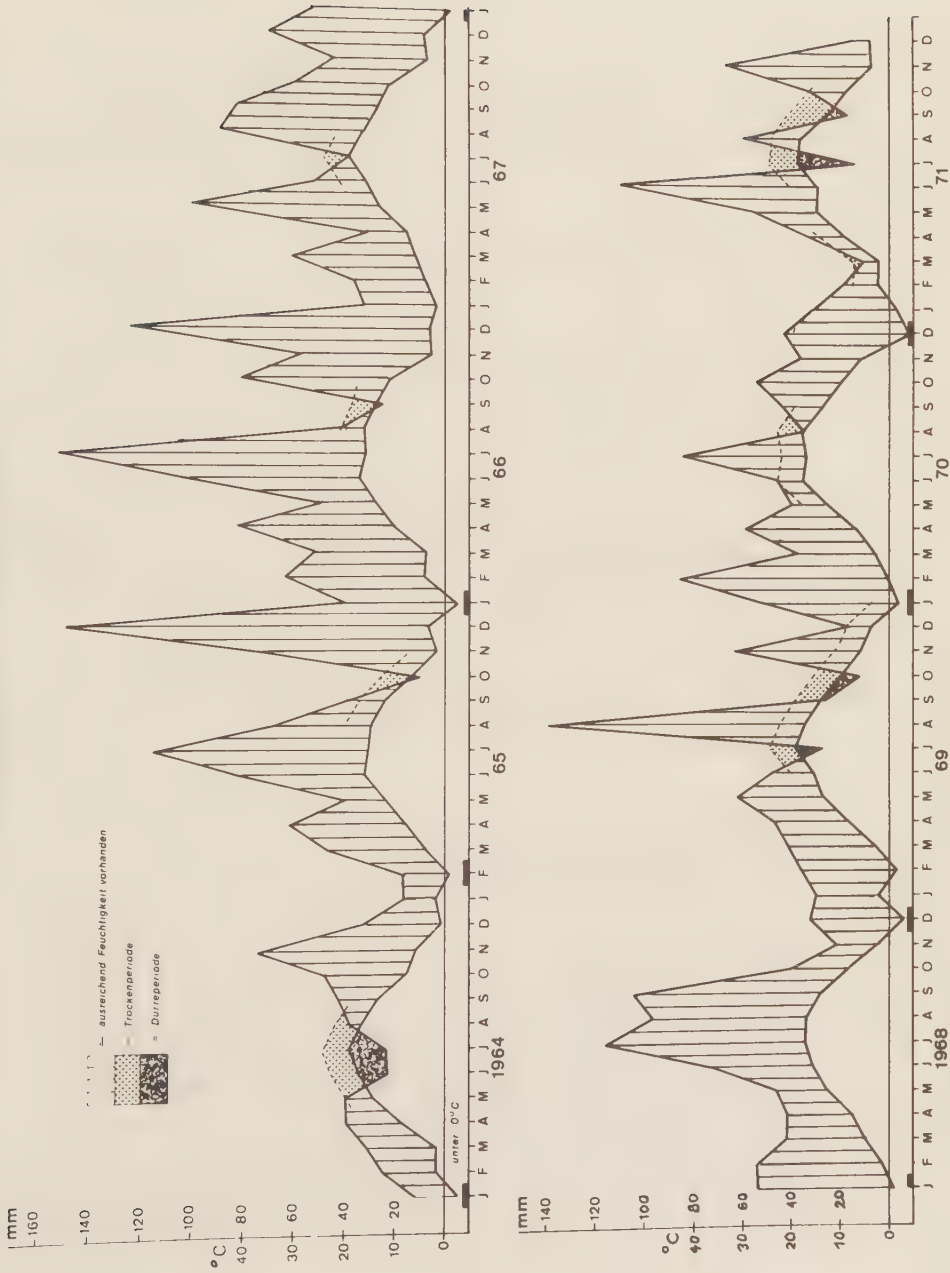
Die Temperaturen lagen vom Februar bis Dezember unter dem langjährigen Mittel.

Das Jahr 1966 war allgemein niederschlagsreich. Im Juli erreichten die Niederschläge mit 151,9 mm eine Rekordhöhe.

Sehr niederschlagsarm waren jedoch die Monate Januar, Mai, August; die Trockenzeit erreichte im September mit einer Dürreperiode den Höhepunkt.

Die Temperatur sank im Januar um $-2,3^{\circ}\text{C}$ unter die langjährigen Werte ab, um sich im Februar um $3,4^{\circ}\text{C}$ über den Durchschnittswert zu steigern. Die Folgemonate März bis Juli zeigten zum Durchschnittswert nur geringfügige Unterschiede.

Witterungsverlauf von 1964 - 1971 Klimadiagramm nach WALTER



Im Juli, August und September fiel die Temperatur wieder unter die Durchschnittswerte ab. Im Oktober stiegen die Temperaturen stark an und lagen mit $2,3^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittel.

Die Niederschläge im Jahre 1967 waren sehr wechselnd. Der Monat Juli war niederschlagsarm und zeigte eine Trockenperiode an (Abb.3).

Die Temperaturen der ersten drei Monate lagen über-, die Monate April bis Juni unter dem langjährigen Mittel. Sie steigerten sich im Juli und fielen im August wieder ab.

Innerhalb der ersten Rotation war das Jahr 1964 sehr trocken und niederschlagsarm. Der Witterungsverlauf 1965 brachte genügend Niederschläge mit sich, die Werte lagen überwiegend über dem Wert des langjährigen Mittels.

Mit hohen Niederschlägen war das Jahr 1966 als feuchtes Jahr zu bezeichnen. Die Niederschläge im Jahre 1967 führten zu Abweichungen vom langjährigen Mittel. Wie die Abb.3 zeigt, trat innerhalb der Rotation in jedem Jahr eine Trockenperiode auf.

3.1.2 Witterungsverlauf 1968 bis 1971

Der Witterungsverlauf 1968 ist durch hohe Niederschläge von Januar bis September gekennzeichnet. Mit starken Regenfällen lagen die Monate Juli, August und September über dem langjährigen Mittel. Die Wetterlage änderte sich ab Oktober und hielt mit geringen Niederschlägen bis Ende des Jahres an. Die Werte lagen unter dem langjährigen Durchschnitt. In diesem Jahr trat keine Dürreperiode auf.

Die Temperaturen lagen mit Ausnahme der Monate Februar und März unter dem langjährigen Mittel. Das Jahr 1968 war das

beste Erntejahr seit langer Zeit.

Im Jahre 1969 waren die Niederschläge von Mitte März bis Mitte Juni ergiebiger als im langjährigen Mittel. Ab Mitte Juni bis Ende Juli war es trocken. Danach setzten starke Regenfälle ein, die im August mit 138,6 mm einen Höhepunkt erreichten. Im September sowie in der restlichen Zeit des Jahres war es wieder relativ trocken.

Die Temperaturen lagen im Februar mit $-1,6^{\circ}\text{C}$ bis Juni unter dem langjährigen Mittel. Im Juli stiegen sie wieder an.

Durch hohe Niederschläge im Winter und Frühjahr waren 1970 die Böden zur Aussaatzeit gut mit Feuchtigkeit versorgt. Die Monate Mai und Juni waren trocken. Die Wetterlage veränderte sich im Juli durch Regenfälle, die etwas über dem Durchschnitt lagen. Im August und September waren die Niederschläge niedrig, so daß eine Trockenperiode einsetzte (Abb.3).

Die Niederschlagsmengen der folgenden Monate, mit Ausnahme des Monats Oktober, wo die Niederschläge noch einmal das langjährige Mittel überstiegen, lagen erheblich unter dem Durchschnittswert.

Die Temperaturen lagen vom Januar bis August, ausgenommen der Monat Juni, unter dem langjährigen Mittel. Die Temperaturkurve der folgenden Monate gleicht sich mit kleinen Abweichungen den mittleren Werten an.

Im Jahre 1971 lagen die Winter- und Frühjahrsniederschläge erheblich unter dem langjährigen Mittel. Erst ab Mai steigerten sie sich. Sehr hohe, überdurchschnittliche Niederschläge brachte mit 108,8 mm der Juni. Es folgte eine Trockenperiode, wobei in den Monaten Juli und September Dürreperioden auftraten. Auch die Niederschläge der folgenden Monate, mit Ausnahme des Novembers, lagen unter dem langjährigen Mittel.

Die Temperaturen lagen im März mit $2,5^{\circ}\text{C}$, im Juni mit $2,2^{\circ}\text{C}$ unter dem langjährigen Durchschnitt. Im Mai und Dezember lagen sie über dem langjährigen Mittel. Im übrigen Teil des Jahres wich die Temperaturkurve nur unbedeutend von derjenigen des langjährigen Durchschnitts ab.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das Jahr 1968 mit hohen Niederschlägen als gutes Erntejahr zu bezeichnen war.

Das Jahr 1969 folgte mit einem trockenen Sommer. Ab August bis Mitte September waren Niederschläge zu verzeichnen. Die restlichen Monate des Jahres waren jedoch wieder trocken.

Der Winter und das Frühjahr 1970 waren niederschlagsreich. Eine Trockenzeit trat im Mai, Juni und August, September auf.

Mit Ausnahme der Monate Juni und November war das Jahr 1971 extrem trocken und warm.

3.2 Boden

Der Boden ist ein alluvialer, schwerer Lehm (tu) (etwa 50% abschlämmbare Teile) mit tonigem Untergrund, der als kalkfreier, brauner Aueboden angesprochen wird. Die Schlämmanalyse (n.KÖHN) ergibt folgende Korngrößenverteilung:

Ton	32,3 %
Schluff	57,0 %
Feinsand	5,3 %
Grobsand	5,4 %

Vor Anlage des Versuches wurde eine Mischprobe der Krumen und des Untergrundes untersucht.

				mg/100 g Boden		
	pH(KCl)	% C	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	C/N
0-25 cm	6,1	1,47	158	27	28	9,3
25-50 cm	6,8	1,16	121	13	17	10,6

4. Darstellung der Ergebnisse

4.1 Erträge

Der Pflanzenertrag stellt das objektive und interessanteste Maß für die Wirkung jeder Düngungsmaßnahme dar. Deswegen werden nachfolgend zunächst die Erträge beider Rotationen der Versuchsserie besprochen. Dabei werden beide Jahre mit gleicher Frucht jeder Rotation verglichen.

4.1.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 4)

Neben anderen Wachstumsfaktoren sind die Witterungsfaktoren Wasser und Temperatur und ihre gleichmäßige Verteilung in der Vegetationszeit für Zuckerrüben von besonderer Bedeutung.

Während der Witterungsverlauf 1964 durch Trocken- und Dürreperioden im Juni und Juli gekennzeichnet ist und nur relativ niedrige Rüben-erträge zuläßt, werden 1968 bei ausgeglichener Witterung hohe Rüben-erträge, die 40-70 % über denen des Jahres 1964 liegen, erzielt.

Trotz so unterschiedlicher Voraussetzungen von der Witterung her bringt die Variante III₃ (1964 79,8 dz/ha, 1968 132,1 dz/ha) in beiden Jahren die höchsten Rüben- und Gesamterträge, während bei I₃, auch in beiden Jahren, höchste Blatterträge geerntet werden. Innerhalb der Fehler gleiche Rüben-erträge gibt es 1964 in der Variante III₂ und II₃ sowie II₂, 1968 dagegen nur in der Variante I₃, die zwar gleiches Stickstoffdüngungsniveau, aber eine abweichende KP-Düngung aufweist.

Eine höhere Kali- und Phosphatdüngung bewirkte den höheren Blattertrag in der Variante I₃. Während in der geringen Differenzierung der Varianten 1964 (1. Versuchsjahr) noch eine Nachwirkung der vorherigen einheitlichen Bewirtschaftung

Tabelle 4

Erträge dz/ha ATM

Z u c k e r r ü b e n 1964

Z u c k e r r ü b e n 1968

Variante	Körper	EKL	Blatt	EKL	Gesamt	EKL	Variante	Körper	EKL	Blatt	EKL	Gesamt	EKL
U	55,1+0,50	I	29,5+0,59	I	84,3+0,42	I	U	76,3+3,30	I	34,6+0,67	I	111,2+0,35	I
Ko	67,1+1,24	III	36,5+0,50	III	102,9+1,25	III	Ko	116,1+0,91	III	54,0+1,63	IV	170,1+2,04	III
Po	69,2+2,63	IV	36,5+0,76	III	106,2+2,49	IV	Po	115,0+2,94	III	55,6+0,46	IV	171,8+3,56	III
N : K : P													
1:1,11:0,35							1:1,11:0,35						
I 1	65,7+1,58	III	40,4+1,98	IV	106,2+3,35	IV	I 1	109,4+1,83	II	52,4+1,63	III	162,0+2,51	II
I 2	70,6+2,80	IV	43,1+1,14	V	113,9+3,27	IV	I 2	120,5+3,64	IV	56,7+0,65	IV	176,7+3,00	IV
I 3	72,7+1,19	IV	46,2+1,41	V	118,3+2,71	V	I 3	128,2+2,08	V	63,7+0,55	V	191,4+2,64	V
1:1,11:0,26							1:1,11:0,26						
II 1	68,5+2,13	IV	36,9+0,88	III	105,2+2,57	IV	II 1	100,6+0,69	II	50,2+0,72	III	150,5+1,16	II
II 2	76,2+2,21	V	40,4+1,33	IV	116,1+3,13	V	II 2	117,2+1,69	III	55,1+0,72	IV	173,4+1,99	III
II 3	74,8+3,18	V	40,7+1,01	IV	116,1+3,13	V	II 3	123,9+1,34	IV	62,1+0,40	V	186,5+1,53	V
1:0,83:0,26							1:0,83:0,26						
III 1	71,3+2,32	IV	35,7+1,03	III	107,3+2,86	IV	III 1	113,9+2,86	III	47,5+1,90	III	152,3+4,96	II
III 2	77,0+0,50	V	35,7+0,40	III	112,8+0,93	IV	III 2	124,5+1,97	IV	56,7+0,53	IV	181,2+2,39	IV
III 3	79,8+1,17	V	44,6+1,23	V	123,7+1,58	V	III 3	132,1+2,19	V	59,4+0,89	V	191,5+2,97	V

Höchstsertrag

vermutet worden kann, ist bis 1968 eine Differenzierung der Varianten eingetreten, die eine spezifische Wirkung der Nährstoffverhältnisse auf den Ertrag erklärt. Dabei spielt ganz sicher die unterschiedliche Witterung beider Jahre eine Rolle. Aus den Abstufungen der Ertragsklassen der einzelnen Varianten bei gleichem Nährstoffverhältnis ist eine bessere Nährstoffwirkung 1968 zu ersehen, 1964 wird eine Begrenzung durch die Trockenheit hervorgerufen. Beim Vergleich der Erträge mit identischen Stickstoffgaben bei unterschiedlichem Nährstoffverhältnis in der Düngung fällt auf, daß das Nährstoffverhältnis I (1:1,11:0,35) zumindest 1964 geringen Rübenenertrag bringt. 1968 liegt das Nährstoffverhältnis II in den Rübenenerträgen etwas schlechter. Dagegen bringen 1964 die Varianten I₁ bis I₃ generell höhere Blatterträge als die vergleichbaren Varianten der anderen geprüften Nährstoffverhältnisse. 1968 ist diese Tendenz ebenfalls, aber nicht so ausgeprägt, festzustellen. Die Variante ohne Düngung fällt naturgemäß in beiden Jahren stark ab. Mo und Po zeigen dagegen ein beachtliches Ertragsniveau, das die hohe Nährstoffnachlieferung des Bodens erkennen läßt, gleichzeitig aber auch die Grenzen der Ertragsbildung durch den jeweils nicht gedüngten Nährstoff zeigt und die Erzielung von Höchsterträgen ausschließt.

4.1.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 5)

Bei den Weizenenerträgen fällt das beachtlich höhere Ertragsniveau des Jahres 1969 gegenüber 1965 auf. Das ist mit der 1965 durch starke Lagerung des Weizens eingetretenen Depression zu erklären. So wird der Höchstertrag 1965 auch nicht in der hohen Stickstoffstufe erreicht, sondern bei Variante III₂ mit 75 kg/ha N. Auf gleichem Niveau liegt interessanterweise die Variante Po, ebenfalls mit 75 kg/ha N.

Tabelle 5

Erträge dz/ha ATM

Winterweizen 1965				Winterweizen 1969			
Variante	korn	EKL	Stroh	EKL	Gesamt	EKL	EKL
U	17,1+0,81	I	33,6+1,55	II	50,6+1,53	II	I
Ko	26,4+1,06	IV	48,5+2,59	IV	74,3+1,75	III	IV
Po	31,5+1,48	V	62,8+2,76	V	93,8+4,09	V	IV
1:1,50:0,46							
					1:1,50:0,46		
I 1	28,8+0,81	IV	53,4+1,98	IV	81,6+2,27	IV	III
I 2	28,8+0,50	IV	55,1+1,69	IV	83,2+2,05	IV	IV
I 3	28,6+2,40	IV	68,9+3,44	V	97,1+5,80	V	V
1:1,50:0,30							
II 1	20,6+1,11	I	45,2+3,07	III	66,1+5,07	III	IV
II 1	27,8+0,40	IV	46,8+4,02	IV	74,3+4,19	III	V
II 2	25,6+0,93	IV	52,3+1,44	IV	77,5+1,18	III	IV
1:1,00:0,30							
III 1	25,6+1,30	IV	61,2+2,14	V	86,5+1,60	V	IV
III 2	32,6+0,74	V	65,6+3,29	V	97,9+5,43	V	IV
III 3	27,0+1,72	IV	68,3+2,24	V	94,7+2,37	V	V

Höchstsertrag

1969 bringen die hohen N-Gaben (113 kg/ha N) bei den drei geprüften Nährstoffverhältnissen innerhalb der Fehler gleiche Erträge; I_3 und III_3 bilden gemeinsam den Höchstertag von 44,3 dz/ha. Die Variante I_2 zeigt bei 75 kg/ha N mit 41,4 dz/ha noch einen vom Höchstertag ungesichert differierenden Ertrag und liegt um eine Ertragsklasse über den entsprechenden Stufen der anderen Nährstoffverhältnisse. Während 1965 die drei Stufen beim Nährstoffverhältnis III die höheren Kornerträge aufweisen, liegt 1969 die Gruppe II im Durchschnitt höher. I_2 bedeutet mit 41,4 dz/ha und EKL V eine Ausnahme und ist auf das Nährstoffverhältnis zurückzuführen.

Im Strohertrag bringt in beiden Versuchsjahren die Variante I_3 den Höchstertag. 1965 liegt die Gruppe mit dem Nährstoffverhältnis III an der Spitze, 1969 ist zwischen den geprüften Nährstoffverhältnissen keine größere Differenzierung zu erkennen. Bei den Gesamterträgen bringt 1965 das Nährstoffverhältnis 1:1,00:0,30, also das Verhältnis mit relativ geringer Kali- und Phosphatgabe, die höchsten Erträge, das kalibetonte Verhältnis II liegt mit der Ertragsklasse III bei allen drei Stufen noch schlechter als I. 1969 liegen die Erträge der Gruppe I (1:1,50:0,46) an der Spitze.

4.1.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 6)

Der Ertragsunterschied zugunsten des Jahres 1970 dürfte in erster Linie auf den besseren Witterungsverlauf während der Vegetationszeit zurückzuführen sein. 1966 wurde die Effektivität der übrigen Wachstumsfaktoren hinsichtlich ihrer ertragsbildenden Wirkung durch höhere Niederschläge stark negativ beeinflusst, so daß die Erträge um 50 % unter denen des Jahres 1970 liegen.

Tabelle 6

Erträge dz/ha ATM

Sommergerste 1966

Sommergerste 1970

Variante	Korn	EKL	Stroh	EKL	Gesamt	EKL Variante	Korn	EKL Stroh	EKL	Gesamt	EKL
U	8,2+0,39	I	7,8+0,57	I	15,9+0,84	I	22,0+0,97	I 12,5+1,55	I	34,2+2,75	I
Ko	17,2+0,65	IV	14,5+0,40	IV	31,9+0,98	III Ko	36,6+0,33	IV 24,9+0,63	V	61,5+0,52	IV
Po	22,3+1,30	V	15,1+0,55	IV	37,7+1,47	IV Po	37,0+1,24	IV 24,5+0,86	V	61,5+1,66	IV
1:2,00:0,56						1:2,00:0,56					
I 1	15,7+0,94	III	11,1+0,43	III	27,0+1,07	II I 1	30,7+1,37	III 21,9+1,17	III	53,4+1,52	III
I 2	19,2+0,61	IV	13,8+0,47	IV	33,2+0,69	III I 2	36,3+0,71	IV 24,0+0,83	IV	60,3+1,29	IV
I 3	22,3+0,66	V	19,5+1,01	V	41,9+1,08	V I 3	41,9+0,52	V 28,2+1,59	V	69,6+1,52	V
1:2,00:0,40						1:2,00:0,40					
II 1	15,7+0,91	III	10,0+0,76	III	25,7+1,29	II II 1	30,0+0,47	III 18,7+0,96	III	48,7+1,29	II
II 2	18,5+0,81	IV	14,5+0,47	IV	33,2+1,08	III II 2	34,9+0,61	IV 24,3+0,95	V	59,2+1,29	IV
II 3	22,5+0,52	V	17,3+1,33	V	40,0+1,67	V II 3	41,2+0,63	V 26,1+1,70	V	67,3+1,32	V
1:1,32:0,40						1:1,32:0,40					
III 1	17,0+0,67	III	13,7+0,96	IV	30,9+1,55	III III 1	31,4+0,76	III 20,1+0,72	III	51,0+1,34	III
III 2	18,8+1,55	IV	13,7+0,50	IV	32,8+1,90	III III 2	36,3+0,71	IV 24,3+0,72	V	60,3+1,23	IV
III 3	21,8+1,16	V	18,0+0,57	V	40,0+1,29	V III 3	41,2+0,55	V 27,7+1,29	V	69,0+1,25	V

Höchstsertrag

So wird 1966 der Höchstertrag mit der höchsten Stickstoffstufe (75 kg/ha N) bei der Variante II₃ mit 22,5 dz/ha erzielt. Die Variante I₃ zeigt bei gleich hoher N- und K-Gabe, aber abweichender P-Düngung noch einen vom Höchstertrag ungesichert differierenden Ertrag. Ebenso liegt die Variante III₃, die zwar gleiches Stickstoffdüngungsniveau, aber eine unterschiedliche KP-Düngung aufweist, mit geringfügigem Ertragsunterschied zur I₃ innerhalb der Fehlergrenzen. Eine augenfällige Abweichung zeigt die Variante Po, die mit einer Stickstoffgabe von 50 kg/ha N auf gleichem Niveau wie die I₃ liegt. Auf die günstigen Voraussetzungen von der Witterung her reagiert die Sommergerste 1970, wie bereits erwähnt, mit wesentlich höheren Erträgen. Die Variante I₃ hat innerhalb der geprüften Nährstoffverhältnisse mit einer Stickstoffgabe von 75 kg/ha N den Höchstertrag von 41,9 dz/ha aufzuweisen. Die Varianten II₃ und III₃ mit je 41,2 dz/ha liegen im Höchstertragsgebiet. Bei den Varianten mit identischer Stickstoffgabe weichen die Kornerträge der geprüften Nährstoffverhältnisse in beiden Jahren nur ganz geringfügig voneinander ab.

Im Stroh- und Gesamtertrag bringt in beiden Versuchsjahren die Variante I₃ den Höchstertrag. Innerhalb der Fehler gleich hohe Stroherträge bringen in beiden Versuchsjahren die Varianten mit gleicher N-Düngung. Das Verhältnis mit geringerer Kaligabe (1:1,32:0,40) bringt sowohl 1966 als auch 1970 die höchsten Gesamterträge.

4.1.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 7)

Die Erträge sind 1971 etwas höher als 1967. Da keine wesentlichen Witterungsunterschiede innerhalb der ersten sechs Monate bezüglich der Niederschlagsmengen zwischen beiden Jahren vorliegen, kann angenommen werden, daß die gesteigerte Stickstoffgabe 1971 die Ursache für die Ertragsdifferenz ist.

Tabelle 7

Erträge dz/ha ATM

Hafer 1967

Hafer 1971

Variante	Korn	EKL	Stroh	EKL	Gesamt	EKL	Korn	EKL	Stroh	EKL	Gesamt	EKL
U	20,6+0,74	I	33,7+1,94	I	54,3+1,68	I	31,8+1,41	I	45,8+0,38	I	77,6+1,42	I
Ko	34,9+0,58	IV	52,3+2,13	IV	87,3+2,41	IV	36,0+1,07	IV	54,3+0,18	II	90,3+1,12	II
Po	38,4+1,70	V	58,9+2,31	V	97,6+2,83	V	37,1+0,19	IV	60,3+0,38	IV	97,2+0,54	III
N : K : P												
1:1,87:0,53												
I ₁	33,2+1,92	III	53,2+4,12	IV	86,4+5,51	IV	39,4+0,58	V	60,9+0,54	IV	100,2+0,66	IV
I ₂	35,9+0,90	IV	60,4+1,03	V	96,4+1,32	V	39,4+1,31	V	65,7+0,38	V	105,1+1,46	V
I ₃	36,3+0,52	IV	58,3+2,86	V	94,6+1,97	V	40,2+1,09	V	62,7+0,89	IV	103,1+1,19	V
1:1,87:0,35												
II ₁	33,2+0,61	III	56,2+0,71	IV	89,3+1,33	IV	36,8+0,97	IV	60,3+0,62	IV	97,2+1,55	III
II ₂	37,0+1,36	V	59,3+1,99	V	96,3+1,74	V	41,7+1,31	V	62,1+0,88	IV	104,1+0,66	V
II ₃	39,8+0,93	V	63,7+4,71	V	103,6+4,01	V	36,8+0,36	IV	60,3+0,83	IV	97,2+1,08	III
1:1,25:0,35												
III ₁	36,2+0,66	IV	54,8+2,66	IV	91,0+2,90	IV	38,7+1,16	V	56,7+0,78	IV	96,2+0,62	III
III ₂	37,3+0,84	V	65,4+3,60	V	102,6+3,63	V	37,9+0,70	IV	67,5+0,38	V	105,1+0,69	V
III ₃	36,3+1,79	V	64,2+4,30	V	100,6+5,24	V	39,0+0,90	V	66,9+0,31	V	106,1+0,88	V

Höchstsertrag

I
22
I

Obwohl 1967 die drei Stufen beim Nährstoffverhältnis III (1:1,25:0,35) die höheren Kornerträge aufweisen, erzielt innerhalb der Gruppe II die Variante II₃ mit 90 kg/ha N den Höchstertrag von 39,8 dz/ha. Mit der EKL V folgen die Varianten Po, III₂ und II₂ sowie III₃. 1971 wird der höchste Ertrag schon mit der mittleren Stickstoffstufe (75 kg/ha N) bei der Variante II₂ mit 41,7 dz/ha erreicht. Die Varianten I₂, III₃, III₁ und III₂ bringen innerhalb der Fehler bei unterschiedlichem Nährstoffverhältnis in der Düngung vom Höchstertrag ungesichert abweichende Erträge und liegen demzufolge in EKL V.

Die drei Stufen beim Nährstoffverhältnis I weisen mit entsprechend höherer P-Düngung die höchsten Erträge auf. Das Nährstoffverhältnis 1:1,50:0,28 der Gruppe II liegt mit dem Kornertrag von 36,8 dz/ha am schlechtesten. Hier deutet sich eine typische Optimumkurve an, da bei II₂ mit 41,7 dz/ha Hafer der Höchstertrag des Versuches geerntet wurde.

Den höchsten Strohertrag bringt in beiden Versuchsjahren bei mittlerer Stickstoffstufe die Variante III₂. Während 1967 zwischen den drei geprüften Nährstoffverhältnissen keine größeren Unterschiede auftreten, liegt 1971 die Gruppe III mit dem Nährstoffverhältnis 1:1,00:0,28 an der Spitze. Die höchsten Gesamterträge liegen mit gleich hoher NP-Düngung bei unterschiedlicher Kaligabe 1967 bei der Variante II₃ und 1971 bei III₃. Die Erträge der untersuchten Gruppen weichen 1967 nur geringfügig voneinander ab, 1971 liegt die Gruppe I (1:1,50:0,42) etwas höher.

Die Ertragsergebnisse lassen hier die Jahreswitterung als dominierenden Faktor für das Ertragsniveau erkennen. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den Jahren immer extrem hoch (z.B. Rüben 1964/1968, Weizen 1965/1969), da die Früchte einmal im Trockenjahr und in der anderen Rotation im

feuchten Jahr angebaut wurden. Der Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung ist aber dennoch zu erkennen, obwohl auf diesem Boden mit besten physikalischen und bodenchemischen Eigenschaften große Ausschläge nicht zu erwarten gewesen sind. Während die Stickstoffgabe maßgebend für die Höhe des Ertrages ist, zeigt sich aber in der unterschiedlichen Verteilung der Varianten mit der Ertragsklasse V bei den Früchten der Einfluß des Nährstoffverhältnisses und damit der Einfluß der Nährstoffe Kalium und Phosphat.

4.2 Korn- und Rübenproduktionsfaktoren

Die Kornproduktionsfaktoren (KPF) und Rübenproduktionsfaktoren (RPF) ergeben sich aus den Quotienten Korn:Stroh bzw. Rüben:Blatt. Sie geben an, wieviel Korn bzw. Rüben pro Einheit Stroh bzw. Blatt produziert worden ist.

4.2.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 8)

bringen im Jahre 1964, wie beschrieben, wesentlich niedrigere Erträge als 1968. Die Variante III₃ erzielt mit einem Blattertrag von 44,6 dz/ha den höchsten Rübenерtrag mit 79,8 dz/ha. Das bedeutet einen RPF von 1,78. Im Jahre 1968 erbringt dagegen die gleiche Variante bei einem Blattertrag von 59,4 dz/ha den höchsten Rübenерtrag mit 132,1 dz/ha, das ergibt einen RPF von 2,22. Generell ist der RPF 1968 höher als 1964, d.h., daß mit einer Einheit Blatt 1968 ein höherer Anteil an Rüben produziert wird. Wenn man die Rübenproduktionsfaktoren jeder Stufe der drei Nährstoffverhältnisse mittelt, so ergeben sich folgende Werte:

	<u>1964</u>	<u>1968</u>
I	1,60	2,07
II	1,85	2,03
III	1,97	2,26

Korn- und Rübenproduktionsfaktoren

Variante	Körper	Blatt	RPF	Variante	Körper	Blatt	RPF
U	55,1	29,5	1,86	U	76,3	34,6	2,20
Ko	67,1	36,5	1,83	Ko	116,1	54,0	2,15
Po	69,2	36,5	1,89	Po	115,0	55,6	2,06
N: K: P				1:1,11:0,35			
1:1,11:0,35				I ₁	109,4	52,4	2,08
	65,7	40,4	1,62	I ₂	120,5	56,7	2,12
I ₁	70,6	43,1	1,63	I ₃	128,2	63,7	2,01
I ₂	72,7	46,2	1,57	1:1,11:0,26			
I ₃				II ₁	100,6	50,2	2,00
1:1,11:0,26				II ₂	117,2	55,1	2,12
	68,5	36,9	1,85	II ₃	123,9	62,1	1,99
II ₁	76,2	40,4	1,88	1:0,83:0,26			
II ₂	74,8	40,7	1,83	III ₁	113,9	47,5	2,39*
II ₃				III ₂	124,5	56,7	2,19
1:0,83:0,26				III ₃	132,1	59,4	2,22
	71,3	35,7	1,99*				
III ₁	77,0	35,7	2,15				
III ₂	79,8	44,6	1,78				
III ₃							

- 25 -

[...] Faktor des Höchstsertrages
 * Höchstser Wert des Versuches

Das heißt, daß im RPF deutliche Unterschiede zwischen den Nährstoffverhältnissen gleichsinnig in beiden Jahren mit Ausnahme von II 1968 auftreten.

4.2.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 9)

Ein Vergleich der Jahre macht deutlich, daß die Kornerträge 1965 niedriger liegen. Die niedrigen KPF beruhen auf einer relativ hohen Strohernte und Ertragsdepressionen durch Lager. Während 1965 der höchste Kornertrag mit 32,6 dz/ha und einem KPF von 0,49 von der Variante III₂ erzielt wird, bringt 1969 die Variante III₃ mit 44,3 dz/ha und einem KPF von 0,68 den Höchstertrag. Aus den gemittelten Zahlen der Kornproduktionsfaktoren der drei Nährstoffverhältnisse geht hervor, daß die Werte der beiden Jahre nur geringfügige Differenzen aufweisen. In beiden Jahren hat die Gruppe III im Mittel niedrigere Kornproduktionsfaktoren, d.h., daß hier relativ mehr Stroh geerntet wurde.

4.2.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 10)

Aus den relativ hohen Stroherträgen resultieren 1966 die niedrigen Kornproduktionsfaktoren. Die Variante II₃ bringt bei einem KPF von 1,30 mit 22,5 dz/ha den höchsten Kornertrag. Dagegen erzielt 1970 die Variante I₃ mit 41,9 dz/ha den höchsten Kornertrag bei einem KPF von 1,48. Werden die Kornproduktionsfaktoren jeder Stufe der drei Nährstoffverhältnisse gemittelt, ergeben sich folgende Werte:

	<u>1966</u>	<u>1970</u>
I	1,32	1,50
II	1,38	1,53
III	1,27	1,51

Während 1966 die KPF bei dem Nährstoffverhältnis III einen

Tabelle 9

Korn- und Rübenproduktionsfaktoren

Winterweizen 1965				Winterweizen 1969			
Variante	Korn	Stroh	KPF	Variante	Korn	Stroh	KPF
U	17,1	33,6	0,50	U	21,4	32,3	0,67
Ko	26,4	48,5	0,54	Ko	35,6	53,9	0,66
Po	31,5	62,8	0,50	Po	38,5	56,7	0,68
N : K : P							
1:1,50:0,46				1:1,50:0,46			
I 1	28,8	53,4	0,53	I 1	31,9	59,5	0,53*
I 2	28,8	55,1	0,52	I 2	41,4	55,0	0,75*
I 3	28,6	68,9	0,41	I 3	44,3	66,9	0,66
1:1,50:0,30				1:1,50:0,30			
II 1	20,6	45,2	0,45*	II 1	33,0	55,6	0,59
II 2	27,8	46,8	0,59*	II 2	38,1	61,8	0,61
II 3	25,6	52,3	0,48	II 3	43,2	59,0	0,73
1:1,00:0,30				1:1,00:0,30			
III 1	25,6	61,2	0,42	III 1	29,8	56,7	0,52
III 2	32,6	65,6	0,49	III 2	34,5	57,8	0,59
III 3	27,0	68,3	0,39	III 3	44,3	64,6	0,68

 Faktor des Höchstertrages

 Höchster Wert des Versuches

*

Tabelle 10

Korn- und Rübenproduktionsfaktoren

Sommergerste 1966 Sommergerste 1970

Variante	Korn	Stroh	KPF	Variante	Korn	Stroh	KPF
U	8,2	7,8	1,05	U	22,0	12,5	1,76*
Ko	17,2	14,5	1,19	Ko	36,6	24,9	1,46
Po	22,3	15,1	1,47	Po	37,0	24,5	1,51
N : K : P							
1:2,00:0,56				1:2,00:0,56			
I ₁	15,7	11,1	1,41	I ₁	30,7	21,9	1,40
I ₂	19,2	13,8	1,39	I ₂	36,3	24,0	1,51
I ₃	22,3	19,5	1,15	I ₃	41,9	28,2	1,48
1:2,00:0,40				1:2,00:0,40			
II ₁	15,7	10,0	1,57*	II ₁	30,0	18,7	1,60
II ₂	18,5	14,5	1,28	II ₂	34,9	24,3	1,43
II ₃	22,5	17,3	1,30	II ₃	41,2	26,1	1,57
1:1,32:0,40				1:1,32:0,40			
III ₁	17,0	13,7	1,24	III ₁	31,4	20,1	1,56
III ₂	18,8	13,7	1,37	III ₂	36,3	24,3	1,50
III ₃	21,8	18,0	1,21	III ₃	41,2	27,7	1,48

 Faktor des Höchststertrages

* Höchstster Wert des Versuches

Unterschied zu den vergleichbaren anderen Verhältnissen zeigen, lassen die IIT 1970 keine starken Differenzen erkennen.

4.2.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 11)

Die Korn- und Stroherträge liegen bei einem Vergleich der Jahre 1971 etwas höher. Die KPF der beiden Versuchsjahre schwanken zwischen 0,56 und 0,69. Den höchsten Kornertrag von 39,8 dz/ha bringt 1967 die Variante II₃, bei einem Strohertrag von 63,7 dz/ha; der KPF liegt bei 0,62. 1971 hat die Variante II₂ mit einem Strohertrag von 62,1 und einem KPF von 0,68 den höchsten Kornertrag von 41,7 dz/ha aufzuweisen. Die gemittelten Zahlen der Kornproduktionsfaktoren weisen zwischen dem Nährstoffverhältnis I und II in beiden Versuchsjahren keine Unterschiede auf, die entsprechenden Werte der Gruppe III liegen aber, wie bei Weizen und Sommergerste, niedriger.

Diese dargelegten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß das Nährstoffverhältnis III mit niedrigerer Kaligabe die Rüben-erträge zugunsten der Blatterträge fördert, bei Getreide aber die Kornerträge zugunsten der Stroherträge benachteiligt. Dagegen bestehen in dieser Hinsicht zwischen den Nährstoffverhältnissen I und II fast keine Unterschiede. Bei beiden liegt die Differenz in der Phosphatgabe.

4.3 Nährstoffgehalte

Die vorhergehend beschriebenen Erträge bestimmen neben den Nährstoffgehalten den Entzug. Zunächst wird vor der Darstellung der Nährstoffentzüge ein Überblick über die Nährstoffgehalte der Hauptnährstoffe N K P in der Pflanze

Tabelle 11

Korn- und Rübenproduktionsfaktoren

H a f e r 1967				H a f e r 1971			
Variante	Korn	Stroh	KPF	Variante	Korn	Stroh	KPF
U	20,6	33,7	0,61*	U	31,8	45,8	0,69*
Ko	34,9	52,3	0,66*	Ko	36,0	54,3	0,66
Po	38,4	58,9	0,65	Po	37,1	60,3	0,61
1:1,87:0,53				1:1,50:0,42			
I ₁	33,2	53,2	0,62	I ₁	39,4	60,9	0,64
I ₂	35,9	60,4	0,59	I ₂	39,4	65,7	0,60
I ₃	36,3	58,3	0,62	I ₃	40,2	62,7	0,65
1:1,87:0,35				1:1,50:0,28			
II ₁	33,2	56,2	0,59	II ₁	36,8	60,3	0,61
II ₂	37,0	59,3	0,62	II ₂	41,7	62,1	0,68
II ₃	39,8	63,7	0,62	II ₃	36,8	60,3	0,61
1:1,25:0,35				1:1,00:0,28			
III ₁	36,2	54,8	0,66*	III ₁	38,7	65,7	0,59
III ₂	37,3	65,4	0,57	III ₂	37,9	67,5	0,56
III ₃	36,3	64,2	0,56	III ₃	39,0	66,9	0,58

Faktor des Höchstertrages

✱ Höchster Wert des Versuches

gegeben. Die Calcium-, Magnesium- und Natriumgehalte werden hierbei keiner näheren Betrachtung unterzogen, sie sind aus den Tabellen ersichtlich. Die Werte der Variante mit dem Höchstertrag sind unterstrichen.

4.3.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 12)

a) Körper

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte der Rüben sind im trockenen Jahr 1964 höher als 1968. In beiden Jahren weisen die Varianten mit höchster N-Gabe in der Düngung erwartungsgemäß die höchsten Stickstoffgehalte im Körper auf. Die Höchstwerte liegen 1964 mit 0,841%, 1968 mit 0,659% bei der Variante III₃. Ein Einfluß der Nährstoffverhältnisse in der Düngung auf die N-Gehalte ist nicht herzuleiten.

Kalium

Die Kaligehalte der beiden Jahre weichen nur relativ geringfügig voneinander ab. Jedoch weisen 1964 im Gegensatz zu 1968 die Varianten mit mittlerer Düngungsstufe die niedrigsten K-Gehalte auf. Die höchsten Kaligehalte hat 1964 die Variante II₃ mit 1,02% und 1968 die III₃ mit 1,03%. Während 1964 die Variante Ko noch gleiche Werte wie die mit Kali gedüngten hat, liegen sie 1968 deutlich niedriger.

Phosphor

Wie weiter aus Tabelle 12 hervorgeht, sind die Phosphorgehalte 1968 durchweg höher als 1964. Die Phosphorgehalte zeigen wie die Kaligehalte 1964 bei den Varianten mit mittlerer Düngungsstufe die niedrigsten Werte. Der Abfall des P-Gehaltes bei der Variante Po ist 1968 kaum ausgeprägt.

Tabelle 12

Nährstoffgehalte in %

Zuckerrüben 1964

Körper							Blatt						
Variante	N	K	P	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na	
U	0,663	0,840	0,143	0,154	0,219	0,042	U	1,58	2,15	0,184	0,895	1,10	1,85
Ko	0,740	0,840	0,136	0,170	0,221	0,048	Ko	1,84	1,84	0,195	0,903	1,05	2,08
Po	0,771	0,901	0,128	0,170	0,218	0,037	Po	1,72	2,19	0,166	0,805	0,975	1,60
1:1,11:0,35													
I	0,771	0,980	0,136	0,153	0,207	0,042	I	1,74	2,45	0,184	0,918	1,00	1,73
II	0,815	0,840	0,133	0,186	0,215	0,050	II	1,94	2,61	0,185	0,930	0,958	1,93
II2	0,840	1,01	0,149	0,148	0,206	0,053	II2	2,28	3,65	0,212	1,03	1,15	2,40
II3													
1:1,11:0,26													
II1	0,770	0,981	0,135	0,153	0,207	0,042	II1	1,72	2,43	0,182	0,917	1,01	1,72
II2	0,815	0,840	0,133	0,185	0,216	0,050	II2	1,96	2,63	0,184	0,931	0,960	1,93
II3	0,840	1,02	0,149	0,147	0,206	0,053	II3	2,27	3,66	0,213	1,03	1,14	2,41
1:0,83:0,26													
III1	0,771	0,979	0,137	0,152	0,208	0,042	III1	1,75	2,44	0,185	0,918	1,00	1,72
III2	0,817	0,841	0,133	0,186	0,216	0,050	III2	1,94	2,62	0,185	0,929	0,958	1,93
III3	0,841	1,01	0,149	0,148	0,207	0,053	III3	2,28	3,65	0,212	1,03	1,15	2,40

Zuckerrüben 1968

Variante	Körper						Blatt						
	N	K	P	Ca	Mg	Na	N	K	P	Ca	Mg	Na	
U	0,473	0,884	0,166	0,135	0,152	0,067	U	1,76	3,56	0,226	1,01	0,450	1,59
Ko	0,572	0,843	0,183	0,132	0,163	0,064	Ko	2,03	3,10	0,280	0,991	0,500	1,87
Po	0,550	0,932	0,177	0,132	0,142	0,052	Po	1,93	3,84	0,257	1,18	0,560	1,98
1:1,11:0,35													
I	0,558	0,889	0,175	0,148	0,144	0,045	I	1,92	3,70	0,280	1,02	0,445	1,88
II	0,611	0,912	0,167	0,134	0,150	0,051	II	1,94	3,88	0,280	1,15	0,385	2,20
II2	0,659	1,03	0,177	0,132	0,150	0,069	II2	2,09	4,37	0,256	1,15	0,455	2,05
II3							II3						
1:1,11:0,26													
II1	0,557	0,887	0,177	0,146	0,143	0,043	II1	1,93	3,72	0,282	1,02	0,444	1,87
II2	0,612	0,913	0,166	0,133	0,152	0,053	II2	1,95	3,86	0,281	1,15	0,386	2,21
II3	0,657	1,02	0,178	0,132	0,150	0,068	II3	2,09	4,36	0,257	1,16	0,456	2,04
1:0,83:0,26													
III1	0,558	0,888	0,175	0,148	0,145	0,047	III1	1,93	3,70	0,281	1,02	0,446	1,88
III2	0,611	0,912	0,168	0,134	0,150	0,050	III2	1,91	3,88	0,280	1,15	0,385	2,20
III3	0,659	1,03	0,177	0,132	0,150	0,069	III3	2,10	4,37	0,257	1,15	0,455	2,05

b) Blatt

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte im Blatt sind 1964 und 1968 mit nur geringen Unterschieden so gut wie gleich hoch. Dagegen weisen die Varianten Differenzen durch die N-Gaben auf. Mit 2,28% haben die Varianten I₃ und III₃ 1964 die höchsten N-Gehalte. 1968 liegt die Variante III₃ mit 2,11% an der Spitze.

Kalium

Die Kaliegehalte liegen im Jahr 1968 eindeutig höher als 1964, was auf die bessere Durchfeuchtung des Bodens und damit auf eine bessere Mobilität des Kaliums zurückzuführen ist. Während die Variante II₃ mit 3,66 % 1964 den höchsten Kaliegehalt hat, liegt er 1968 bei der Variante III₃ mit 4,37 % an der Spitze. In beiden Versuchsjahren ist der Einfluß der Kalidüngung an den abfallenden Werten der Variante Ko zu erkennen. Steigende Kaligaben führen allgemein auch zu steigenden Kaliegehalten in der Pflanze. Obwohl die Stufen der Gruppe III geringere Kaligaben erhielten, liegen die Kalium-Gehalte der Rüben auf gleicher Höhe.

Phosphor

Auch die Phosphorgehalte liegen wie die Kaliegehalte im Jahre 1968 höher. Während aber 1964 mit steigender Düngung innerhalb eines Nährstoffverhältnisses die Phosphorgehalte ansteigen, fallen sie 1968 in der höchsten Staffel immer ab.

4.3.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 13)

a) Korn

Stickstoff

Ein Vergleich der beiden Jahre zeigt, daß die Varianten mit einer gesteigerten N-Gabe auch die höheren Stickstoffgehalte haben. Mit einer Ausnahme reagiert die Variante II₂ im Jahre 1965. Wie weiter aus der Tabelle hervorgeht, sind die N-Gehalte 1965 deutlich höher als 1969. Die Variante III₃ weist mit 2,54 % den höchsten N-Gehalt auf.

Kalium

Im Gegensatz zu den N-Gehalten sind die Kaliergehalte 1965 etwas niedriger. Ein Einfluß der Kalium-Düngung auf die K-Gehalte des Weizens ist kaum herzuleiten. Das deutet auf eine gute Kalinachlieferung des Bodens hin.

Phosphor

Die Phosphorgehalte liegen im Jahre 1965 höher als 1969. Größere auf die Düngung zurückzuführende Differenzen treten aber nicht auf.

b) Stroh

Stickstoff

Das Jahr 1969 weist etwas niedrigere Stickstoffgehalte im Stroh aus als 1965. In beiden Jahren haben die Varianten mit der höchsten N-Gabe auch die höchsten Stickstoffgehalte im Stroh.

Winterweizen 1965

Korn							Stroh						
Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	2,03	0,519	0,529	0,055	0,134	0,008	U	0,314	1,03	0,128	0,141	0,043	0,008
Ko	2,20	0,489	0,500	0,053	0,127	0,007	Ko	0,332	1,03	0,099	0,155	0,023	0,008
Po	2,24	0,491	0,503	0,054	0,135	0,009	Po	0,325	1,08	0,100	0,158	0,024	0,006
N: 1:1,50:0,46													
I ₁	2,19	0,484	0,502	0,051	0,130	0,008	I ₁	0,303	0,900	0,106	0,150	0,048	0,008
I ₂	2,24	0,479	0,502	0,052	0,135	0,007	I ₂	0,360	1,09	0,109	0,140	0,034	0,019
I ₃	2,49	0,493	0,515	0,053	0,141	0,008	I ₃	0,411	1,24	0,114	0,146	0,043	0,018
1:1,50:0,30													
II ₁	2,30	0,507	0,532	0,054	0,130	0,008	II ₁	0,312	1,01	0,102	0,130	0,037	0,016
II ₂	2,07	0,480	0,487	0,052	0,133	0,007	II ₂	0,313	0,879	0,099	0,128	0,031	0,014
II ₃	2,48	0,492	0,521	0,052	0,146	0,007	II ₃	0,401	1,16	0,123	0,173	0,048	0,016
1:1,00:0,30													
III ₁	2,11	0,493	0,481	0,052	0,133	0,007	III ₁	0,290	0,750	0,096	0,130	0,021	0,012
III ₂	2,23	0,467	0,402	0,050	0,124	0,007	III ₂	0,320	0,965	0,099	0,120	0,022	0,015
III ₃	2,34	0,495	0,477	0,053	0,136	0,008	III ₃	0,390	1,17	0,096	0,148	0,025	0,012

Winterweizen 1969

Korn							Stroh						
Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	1,52	0,544	0,456	0,051	0,123	0,008	U	0,260	0,940	0,118	0,118	0,053	0,008
Ko	1,69	0,535	0,447	0,051	0,127	0,009	Ko	0,291	1,23	0,088	0,210	0,033	0,008
Po	1,68	0,530	0,443	0,048	0,120	0,005	Po	0,311	1,29	0,087	0,196	0,034	0,007
1:1,50:0,46													
I ₁	1,52	0,532	0,431	0,047	0,122	0,007	I ₁	0,283	1,10	0,119	0,200	0,033	0,004
I ₂	1,73	0,544	0,453	0,050	0,120	0,005	I ₂	0,302	1,33	0,105	0,210	0,020	0,004
I ₃	1,92	0,540	0,468	0,058	0,118	0,009	I ₃	0,331	1,19	0,090	0,185	0,035	0,004
1:1,50:0,30													
II ₁	1,57	0,530	0,444	0,050	0,120	0,006	II ₁	0,281	1,09	0,105	0,187	0,030	0,004
II ₂	1,66	0,535	0,438	0,050	0,119	0,005	II ₂	0,311	1,43	0,097	0,210	0,022	0,006
II ₃	1,90	0,540	0,474	0,051	0,127	0,008	II ₃	0,342	1,70	0,102	0,215	0,030	0,007
1:1,00:0,30													
III ₁	1,60	0,540	0,450	0,049	0,127	0,005	III ₁	0,260	1,12	0,099	0,174	0,038	0,006
III ₂	1,69	0,540	0,450	0,050	0,130	0,005	III ₂	0,291	1,32	0,104	0,185	0,040	0,007
III ₃	1,93	0,543	0,428	0,054	0,131	0,005	III ₃	0,331	1,60	0,108	0,201	0,023	0,008

Nährstoffgehalte bei Höchsterttrag

Kalium

Ein Vergleich der Jahre zeigt, daß die Kaligehalte 1969 höher sind. Auch hier reagieren die Varianten auf höhere K-Düngung mit steigenden Kaligehalten, mit Ausnahme der Varianten II₂ 1965 und I₃ 1969.

Phosphor

Die Phosphorgehalte weisen sowohl zwischen den Jahren als auch innerhalb der Varianten keine nennenswerten Abweichungen und auf die Düngung zurückzuführenden Wirkungen auf.

4.3.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 14)

a) Korn

Stickstoff

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, sind die Stickstoffgehalte des Kornes 1970 höher als 1966. Die Varianten mit der höchsten Düngungsstufe haben erwartungsgemäß die höchsten N-Gehalte. Im Jahre 1966 hat die Variante I₃ mit 1,84% den höchsten Gehalt, im Jahre 1970 die III₃ mit 2,17 % aufzuweisen. Der N-Gehalt der ungedüngten Variante weist immer erstaunlich hohe Werte auf.

Kalium

Die Kaligehalte sind 1970 meist höher als 1966. Im Gegensatz zu 1970 zeigen 1966 die Varianten mit steigender K-Gabe kaum Veränderungen im Kaliumgehalt.

Phosphor

Die Phosphorgehalte der beiden Jahre zeigen ein ähnliches Bild wie die Kaligehalte.

Tabelle 14

Nährstoffgehalte in %

Sommergerste 1966

Korn							Stroh								
Variante		N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante		N	K	P	Ca	Mg	Na
U		1,69	0,661	0,529	0,074	0,117	0,012	U		0,730	1,08	0,155	0,560	0,129	0,066
Ko		1,68	0,618	0,516	0,070	0,109	0,097	Ko		0,631	0,622	0,121	0,336	0,062	0,051
Po		1,78	0,603	0,494	0,074	0,113	0,093	Po		0,552	0,972	0,100	0,282	0,025	0,072
1:2,00:0,56		1:2,00:0,56													
I		1,66	0,609	0,500	0,069	0,113	0,087	I		0,603	0,954	0,110	0,329	0,060	0,078
I2		1,85	0,586	0,491	0,069	0,114	0,096	I2		0,572	1,09	0,098	0,271	0,061	0,101
I3		1,84	0,608	0,537	0,074	0,131	0,093	I3		0,451	1,52	0,106	0,276	0,062	0,085

N : K : P
1:2,00:0,56

1:2,00:0,56

I	1,66	0,609	0,500	0,069	0,113	0,087	I ₁	0,603	0,954	0,110	0,329	0,060	0,078
I ₂	1,65	0,586	0,491	0,069	0,114	0,096	I ₂	0,572	1,09	0,098	0,271	0,061	0,101
I ₃	1,84	0,608	0,537	0,074	0,131	0,093	I ₃	0,451	1,52	0,106	0,276	0,062	0,085

1:2,00:0,40

1:2,00:0,40

II	1,65	0,614	0,519	0,072	0,121	0,093	II ₁	0,590	0,952	0,109	0,327	0,061	0,078
II ₂	1,68	0,576	0,488	0,070	0,115	0,089	II ₂	0,581	1,08	0,099	0,273	0,061	0,101
II ₃	1,60	0,501	0,460	0,064	0,112	0,089	II ₃	0,460	1,54	0,107	0,275	0,062	0,085

1:1,32:0,40

1:1,32:0,40

III	1,58	0,578	0,518	0,073	0,118	0,114	III ₁	0,610	0,955	0,110	0,329	0,060	0,078
III ₂	1,59	0,547	0,500	0,070	0,121	0,095	III ₂	0,562	1,09	0,098	0,271	0,061	0,101
III ₃	1,68	0,536	0,500	0,072	0,122	0,105	III ₃	0,450	1,52	0,106	0,276	0,061	0,085

Sommergerste 1970

Variante	Korn						Stroh						
	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	1,70	0,708	0,547	0,083	0,129	0,011	U	0,421	1,14	0,152	0,338	0,035	0,046
Ko	1,75	0,630	0,516	0,071	0,132	0,010	Ko	0,350	1,06	0,112	0,321	0,017	0,049
Po	1,73	0,580	0,490	0,069	0,137	0,008	Po	0,322	1,54	0,085	0,270	0,016	0,068
1:2,00:0,56													
I ₁	1,70	0,625	0,509	0,074	0,142	0,009	I ₁	0,253	1,33	0,090	0,236	0,013	0,065
I ₂	1,80	0,625	0,520	0,074	0,153	0,008	I ₂	0,341	1,84	0,094	0,252	0,014	0,073
I ₃	2,09	0,652	0,557	0,074	0,181	0,010	I ₃	0,451	2,18	0,104	0,294	0,014	0,089
1:2,00:0,56													

1:2,00:0,56

1:2,00:0,56

I	1,70	0,625	0,509	0,074	0,142	0,009	I ₁	0,253	1,33	0,090	0,236	0,013	0,065
I ₂	1,80	0,625	0,520	0,074	0,153	0,008	I ₂	0,341	1,84	0,094	0,252	0,014	0,073
I ₃	2,09	0,652	0,553	0,074	0,181	0,010	I ₃	0,451	2,18	0,104	0,294	0,013	0,089

1:2,00:0,40

1:2,00:0,40

II	1,57	0,573	0,474	0,069	0,138	0,008	II ₁	0,260	1,29	0,093	0,240	0,035	0,049
II ₂	1,89	0,615	0,519	0,077	0,152	0,008	II ₂	0,311	1,55	0,099	0,279	0,022	0,046
II ₃	1,93	0,661	0,555	0,079	0,173	0,009	II ₃	0,381	1,95	0,104	0,302	0,019	0,087

1:1,32:0,40

1:1,32:0,40

III	1,66	0,594	0,493	0,072	0,144	0,008	III ₁	0,292	1,26	0,108	0,316	0,035	0,048
III ₂	1,73	0,594	0,498	0,071	0,147	0,007	III ₂	0,321	1,68	0,120	0,304	0,023	0,064
III ₃	2,17	0,705	0,579	0,082	0,193	0,010	III ₃	0,370	1,71	0,120	0,305	0,029	0,070

Nährstoffgehalte bei Höchstsertrag

b) Stroh

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte im Stroh nehmen in beiden Jahren mit steigender Düngung zu, 1966 liegen die Werte etwas höher als 1970.

Kalium

Die Kaligehalte von 1966 liegen unter den Werten von 1970. Erwartungsgemäß verzeichnen die Varianten mit höchster K-Gabe in der Düngung die höchsten Kaligehalte.

Phosphor

Die Phosphorgehalte der beiden Jahre weichen nur mit geringen Differenzen voneinander ab. Der Einfluß steigender Phosphatdüngung ist aber nachweisbar.

4.3.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 15)

a) Korn

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte des Hafers liegen in beiden Jahren etwa auf gleichem Niveau. Mit steigender Stickstoffdüngung steigen die Gehalte naturgemäß an. Die Werte des Nährstoffverhältnisses II weisen in beiden Jahren eine Tendenz zu niedrigeren Gehalten als I und III auf.

Kalium

Die Kaliumgehalte weisen ebenfalls in beiden Jahren die gleichen Werte auf. Sie zeigen aber einen deutlichen Einfluß steigender Kalidüngung in den zunehmenden Kaligehalten

Hafer 1967

Nährstoffgehalte in %

Variante	Korn						Stroh					
	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Na
U	1,62	0,630	0,500	0,112	0,135	0,011	U	0,321	1,82	0,292	0,360	0,042
Ko	1,93	0,665	0,545	0,132	0,130	0,014	Ko	0,242	2,01	0,220	0,281	0,042
Po	1,98	0,626	0,532	0,123	0,114	0,013	Po	0,240	1,58	0,217	0,292	0,021
1:1,87:0,53							1:1,87:0,53					
I 1	2,22	0,638	0,575	0,142	0,155	0,010	I 1	0,241	1,58	0,230	0,310	0,022
I 2	2,42	0,686	0,523	0,155	0,173	0,013	I 2	0,232	1,65	0,226	0,291	0,024
I 3	2,38	0,712	0,576	0,167	0,180	0,014	I 3	0,373	2,03	0,236	0,330	0,010
1:1,87:0,35							1:1,87:0,35					
II 1	1,99	0,585	0,532	0,128	0,144	0,008	II 1	0,271	1,58	0,237	0,312	0,035
II 2	2,10	0,645	0,659	0,163	0,168	0,010	II 2	0,214	1,58	0,237	0,272	0,018
II 3	2,35	0,692	0,670	0,172	0,175	0,012	II 3	0,272	1,60	0,242	0,311	0,029
1:1,25:0,35							1:1,25:0,35					
III 1	2,18	0,575	0,542	0,129	0,144	0,012	III 1	0,231	1,82	0,234	0,270	0,015
III 2	2,35	0,674	0,620	0,135	0,172	0,013	III 2	0,230	1,66	0,239	0,281	0,012
III 3	2,44	0,695	0,666	0,165	0,180	0,015	III 3	0,280	1,85	0,239	0,310	0,009

Hafer 1971

Variante	Korn						Stroh					
	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Na
U	1,81	0,674	0,565	0,125	0,167	0,012	U	0,331	3,00	0,309	0,206	0,039
Ko	2,08	0,665	0,601	0,135	0,160	0,015	Ko	0,301	3,04	0,299	0,202	0,045
Po	2,11	0,588	0,563	0,127	0,152	0,015	Po	0,362	3,11	0,276	0,228	0,034
1:1,50:0,42							1:1,50:0,42					
I 1	2,23	0,669	0,652	0,152	0,178	0,011	I 1	0,291	3,27	0,312	0,220	0,027
I 2	2,42	0,713	0,701	0,159	0,185	0,014	I 2	0,382	3,58	0,334	0,236	0,021
I 3	2,23	0,730	0,671	0,150	0,186	0,014	I 3	0,473	3,60	0,320	0,245	0,025
1:1,50:0,28							1:1,50:0,28					
II 1	1,93	0,553	0,558	0,119	0,145	0,009	II 1	0,272	2,91	0,293	0,200	0,044
II 2	2,18	0,692	0,658	0,142	0,173	0,011	II 2	0,423	3,56	0,308	0,250	0,017
II 3	2,30	0,615	0,646	0,141	0,170	0,013	II 3	0,451	3,48	0,298	0,255	0,025
1:1,00:0,28							1:1,00:0,28					
III 1	2,16	0,578	0,570	0,128	0,159	0,011	III 1	0,361	3,39	0,326	0,249	0,034
III 2	2,34	0,692	0,649	0,149	0,186	0,013	III 2	0,400	3,37	0,321	0,257	0,028
III 3	2,33	0,686	0,646	0,150	0,180	0,015	III 3	0,430	3,65	0,369	0,255	0,025

Nährstoffgehalte bei Höchstsertrag

im Hafer an. Die seit acht Jahren fehlende Kalidüngung in der Variante "ungedüngt" und "Ko" ist an den Gehalten im Haferkorn nicht zu erkennen.

Phosphor

Auch die Phosphorgehalte weichen in beiden Jahren nur mit relativ geringen Differenzen voneinander ab. Die Varianten mit der höchsten Düngungsstufe haben auch den höchsten P-Gehalt, mit Ausnahme der I_2 mit einem niedrigeren Gehalt gegenüber der Variante I_1 . Im Jahre 1971 weisen die Varianten der mittleren Düngungsstufe N_2 immer höhere P-Gehalte auf.

b) Stroh

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte sind im Stroh 1971 höher als 1967. Von den Varianten besitzt die I_3 in beiden Jahren die höchsten N-Gehalte, 1967 0,37 %, 1971 0,47 %, danach folgen die Varianten II_3 und III_3 .

Kalium

Wie die Stickstoffgehalte liegen auch die Kaliumgehalte des Haferstrohes 1971 deutlich höher als 1967. Während 1967 die Variante I_3 mit 2,03 % K den höchsten Wert aufweist, liegt 1971 die Variante III_3 mit 3,65 % an der Spitze. Der Einfluß steigender Kaligaben ist aus den Werten aber immer abzulesen. Das Nährstoffverhältnis II läßt eine Tendenz zu niedrigeren Kaliumgehalten vermuten.

Phosphor

Wie die N- und K-Gehalte sind auch die P-Gehalte 1971 höher.

Den höchsten Phosphorgehalt zeigt 1967 die Variante II_3 mit 0,242 %. Im Jahre 1971 weisen die Varianten mit der mittleren Stickstoffstufe die höchsten P-Gehalte auf. An der Spitze liegt die Variante I_2 mit einem P-Gehalt von 0,334 %.

Wenn die vorstehend beschriebenen Nährstoffgehalte auch keine eindeutigen und immer wiederkehrenden Einflüsse des Nährstoffverhältnisses in der Düngung erkennen lassen, so muß dennoch festgestellt werden, daß eine gewisse Tendenz zu niedrigeren Kaliumgehalten bei Getreide bei der Gruppe II zu verzeichnen ist. Dagegen liegen die P-Werte in einigen Fällen bei der zweiten N-Stufe höher, aber bei den drei geprüften Nährstoffverhältnissen gleichsinnig. Die recht geringen Abweichungen der Nährstoffgehalte der ungedüngten und der jeweils mit Kali und Phosphat nicht gedüngten Variante lassen eine gute Nährstoffversorgung und auch Nährstoffverfügbarkeit des Bodens erkennen.

4.4 Nährstoffentzug

Beim Vergleich der Jahre konnten bei einigen Fruchtarten Differenzen in den Nährstoffgehalten festgestellt werden. Weiterhin zeigte sich, daß die Staffelung der Düngung bei den Nährstoffverhältnissen die N-Gehalte der Pflanzen und die Gehalte an weiteren Nährstoffen beeinflussen. Das hat einen Einfluß auf die Höhe der Nährstoffentzüge.

Die großen Schwankungen der Erträge in beiden Rotationen unter dem Einfluß von Düngung und Witterung bestimmen aber in erster Linie die Höhe der Nährstoffentzüge. Die Gesamterträge, Nährstoffentzüge sowie die von den Erträgen übernommene Streuung und die Klassenwerte (KW) sind in den Tabellen 16-23 für Früchte und Jahre aufgeführt. Die Nährstoffentzüge der einzelnen Komponenten stehen im Anhang.

4.4.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 16 u. 17)

Wie bereits festgestellt, folgen die Entzüge weitgehend den Erträgen, was bei einem Vergleich der beiden Jahre deutlich wird. Wenn die Varianten in der Reihenfolge nach der Höhe der Entzüge geordnet werden, so können 1964 in den KW V die Variante III₃ mit 168,8 kg/ha Stickstoff, 243 kg/ha Kalium und 21,4 kg/ha Phosphor - den höchsten Entzügen - sowie die Variante I₃, die neben ebenfalls hohen N-, K-, P-Entzügen auch hohe Ca-, Mg- und Na-Entzüge aufweist, eingeordnet werden.

Die Nährstoffentzüge liegen im Jahre 1968 wesentlich höher. Die Variante I₃ weist mit 217,6 kg/ha N, 312 kg/ha K und 39,1 kg/ha P höchste Werte auf. Den höchsten Kaliumentzug hat allerdings die Variante II₃ mit 400 kg/ha aufzuweisen.

Z u c k e r r ü b e n 1964

Variante	Ertrag dz/ha	Feh- ler	EKL	N	Feh- ler	KW	K	Feh- ler	KW	P	Feh- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	84,6	0,42	I	81,5	0,40	I	110	0,54	I	13,3	0,07	I	34,9	44,5	56,9
Ko	103,6	1,25	III	116,9	1,41	II	124	1,50	I	16,2	0,20	III	44,4	53,1	79,1
Po	105,7	2,49	IV	116,2	2,74	II	142	3,34	I	15,0	0,35	II	41,2	50,7	61,0
N : K : P															
1:1,11:0,35															
1 1	106,1	3,35	IV	121,0	3,82	III	163	5,15	III	16,3	0,51	III	47,2	54,0	72,7
1 2	113,7	3,27	IV	136,8	3,93	III	172	4,95	III	17,4	0,50	III	53,2	56,4	86,7
1 3	118,9+	2,71	V	166,4	3,79	V	242	5,51	V	20,6	0,47	V	58,4	68,1	115
1:1,11:0,26															
II 1	105,4	2,57	IV	117,0	2,85	II	158	3,85	II	16,1	0,39	III	44,4	51,1	66,7
II 2	116,6	3,13	V	140,5	3,77	III	169	4,53	III	17,6	0,47	III	52,0	55,1	81,8
II 3	115,5	3,13	V	155,7	4,22	IV	224	6,07	IV	19,7	0,53	IV	53,0	62,2	102
1:0,83:0,26															
III 1	107,0	2,86	IV	117,1	3,12	II	157	4,19	II	16,3	0,44	III	43,7	50,5	64,8
III 2	112,7	0,93	IV	132,1	1,09	III	158	1,30	II	16,8	0,14	III	47,5	50,8	72,8
III 3	124,4	1,58	V	168,8	2,14	V	243	3,08	V	21,4	0,27	V	57,7	67,7	111

Höchstertrag (Gesamt)

• Höchstertrag (Körper)

+ Höchstertrag (Blatt)

— Höchstertrag im Nährstoffentzug

Zuckerrüben 1968

Variante	Ertrag dz/ha	Fehl- er	EKL	N	Fehl- er	KW	K	Fehl- er	KW	P	Fehl- er	KW	Ca	Mg	Na
U	110,9	0,35	I	97,0	0,31	I	191	0,60	I	21,9	0,69	I	45,2	27,2	60,1
Ko	170,1	2,04	III	176,0	2,11	III	255	3,17	III	36,3	0,44	IV	69,3	45,9	108
Po	170,6	3,56	III	170,6	3,56	II	321	6,69	IV	34,7	0,72	III	80,8	47,4	116
N _{1:1} K _{1:1} P _{0:35}															
I ₁	161,8	2,51	II	161,6	2,51	II	291	4,51	II	33,8	0,52	III	69,6	39,1	103
I ₂	177,2	3,00	IV	183,6	3,11	III	330	5,58	IV	36,1	0,61	IV	81,3	39,9	131
I ₃	191,4	2,64	V	217,6	2,99	V	312	4,29	IV	39,1	0,54	V	90,2	48,2	139
1:1,11:0,26															
II ₁	150,8	1,16	II	152,5	1,17	I	275	2,11	I	31,7	0,24	II	66,1	36,8	98,9
II ₂	172,3	1,99	III	178,5	2,06	III	321	3,70	III	35,1	0,41	III	79,1	38,8	127
II ₃	186,0	1,53	V	211,5	1,20	V	400	3,30	V	37,9	0,31	V	87,8	46,9	136
1:0,63:0,26															
III ₁	161,4	4,96	II	154,8	4,76	I	277	8,51	III	33,2	1,02	III	65,4	37,5	94,4
III ₂	181,2	2,39	IV	186,1	2,45	IV	334	4,40	IV	36,8	0,49	IV	81,9	40,5	131
III ₃	191,5	2,97	V	201,8	3,13	IV	396	6,14	V	38,7	0,60	V	85,7	46,8	131

 Höchstertrag (Gesamt)

●

 Höchstertrag (Körper)

+

 Höchstertrag (Blatt)

 Höchstwerte im Nährstoffentzug

Danach gehören folgende Varianten dem KW V an: die II₃ mit Stickstoff - wiederum die II₃ sowie die III₃ mit Phosphor- und die III₃ mit Kalientzügen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Gesamtentzüge 1964 beachtlich niedriger als 1968 liegen, was, wie bei den Erträgen im Jahre 1964, auf Wassermangel zurückzuführen ist. Die höchsten Nährstoffentzüge sind allgemein in den Varianten zu finden, die auch die höchsten Gesamterträge brachten. Abweichungen kommen aber vor, so 1968 bei der Variante II₃ mit einem Kalientzug von 400 kg/ha, obwohl die Variante I₃ ebenfalls 236 kg/ha K gedüngt bekam, aber 312 kg/ha Kalium entzog.

4.4.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 18,19)

Obwohl im Jahre 1965 der höchste Ertrag mit 98,2 dz/ha bei der Variante III₂ geerntet wird, liegen die höchsten N-, K-, P-Entzüge mit 99,4, 99,5 und 22,6 kg/ha sowie die höchsten Ca-, Mg- und Na-Entzüge bei der Variante I₃, was wohl mit geringfügigen Unterschieden bei den Erträgen und höhere Nährstoffgehalte bei der Variante I₃ begründet sein dürfte. Auf einer Ebene liegen in der nächsten Stufe - dem KW V angehörend - die Varianten Po, III₂ und III₃ mit den N-Entzügen, sowie nochmals die Variante III₃ im Kalientzug.

1969 werden im Vergleich zu 1965 die höheren Gesamtentzüge - mit Ausnahme der Na-Entzüge - in der Hauptsache durch die höheren Erträge verursacht. Aufgrund der höchsten Gesamterträge weist die Variante I₃ den höchsten N-Entzug mit 127,2 kg/ha auf. Die Variante III₃ entzog mit 128 kg/ha die höchsten Kalimengen. Die Varianten mit intensivster Düngung reagieren mit entsprechend höheren N-Entzügen und gehören wie die Varianten II₃ und III₃ mit Kali- sowie die

Gesamterträge, Nährstoffentzug kg/ha, Klassenwerte

Winterweizen 1965

Variante	Ertrag dz/ha	Feh- ler	EKL	N	Feh- ler	KW	K	Feh- ler	KW	P	Feh- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	50,7	1,53	II	46,5	1,40	I	43,5	1,31	I	13,3	0,40	I	5,60	3,70	0,410
Ko	74,9	1,75	III	74,1	1,73	III	62,9	1,47	II	18,0	0,42	IV	8,91	4,51	0,571
Po	94,3	4,09	V	90,7	3,93	V	83,3	3,61	IV	22,1	0,96	V	11,6	5,82	0,662
N:K:P															
1:1,50:0,46															
I 1	82,2	2,27	IV	79,1	2,18	IV	62,0	1,71	II	20,2	0,56	V	9,50	6,30	0,660
I 2	83,9	2,05	IV	84,3	2,06	IV	73,9	1,81	IV	20,6	0,50	V	9,22	5,81	1,20
I 3	97,5+	5,80	V	99,4	5,91	V	99,5	5,92	V	22,6	1,34	V	11,6	7,02	1,43
1:1,50:0,30															
II 1	65,8	5,07	III	61,4	4,73	II	56,1	4,32	II	15,6	1,20	IV	7,01	4,41	0,882
II 2	74,6	4,19	III	72,0	4,04	III	54,4	3,06	I	18,1	1,02	IV	7,40	5,20	0,851
II 3	77,9	1,18	III	84,4	1,28	IV	73,3	1,11	III	19,7	0,30	V	10,3	6,21	1,02
1:1,00:0,30															
III 1	86,8	1,60	V	71,7	1,32	III	58,5	1,08	II	18,2	0,34	IV	9,30	4,72	0,910
III 2	98,2	5,43	V	93,7	5,18	V	78,5	4,34	IV	19,6	1,08	V	9,51	5,41	1,21
III 3	95,3	2,37	V	95,2	2,37	V	93,3	2,32	V	19,5	0,48	V	11,5	5,40	1,04

[] Höchstertrag (Gesamt)

● Höchstertrag (Korn)

+ Höchstertrag (Stroh)

— Höchstwerte im Nährstoffentzug

Tabelle 19

Gesamterträge, Nährstoffentzug kg/ha, Klassenwerte

Winterweizen 1969

Variante	Ertrag dz/ha	Fehl- er	EKL	N	Fehl- er	KW	K	Fehl- er	KW	P	Fehl- er	KW	Ca	Mg	Na
U	53,7	1,50	I	40,9	1,14	I	42,0	1,17	I	13,6	0,37	I	7,21	4,31	0,431
Ko	89,5	4,69	III	75,7	3,97	III	85,3	4,47	III	20,6	0,97	IV	13,1	6,30	0,750
Po	95,2	2,55	III	82,3	2,20	IV	93,5	2,50	III	22,0	0,59	IV	12,9	6,51	0,592
N:K:P															
1:1,50:0,46															
I ₁	91,4	2,98	III	65,2	2,13	II	82,5	2,69	II	20,8	0,68	IV	13,4	5,92	0,481
I ₂	96,4	4,60	IV	88,1	4,20	IV	95,7	4,57	III	24,6	1,17	V	13,7	6,11	0,422
I ₃	111,2	2,30	V	107,2	2,22	V	104	2,14	IV	26,7	0,55	V	15,0	7,50	0,670
1:1,50:0,30															
II ₁	88,6	3,78	III	67,4	2,87	III	78,1	3,33	II	20,5	0,87	IV	12,1	5,70	0,421
II ₂	99,9	2,80	III	82,3	2,31	IV	109	3,05	IV	22,7	0,64	IV	14,9	5,21	0,561
II ₃	102,2	2,40	IV	102,2	2,40	V	124	2,69	V	26,5	0,62	V	14,9	7,31	0,662
1:1,00:0,30															
III ₁	86,5	2,91	II	62,4	2,10	II	79,6	2,68	II	19,0	0,64	III	11,4	6,01	0,490
III ₂	92,3	3,28	III	75,1	2,61	III	94,9	3,37	III	21,5	0,76	IV	12,4	6,81	0,571
III ₃	108,9	1,71	V	106,8	1,68	V	128	2,00	V	26,0	0,41	V	15,4	7,32	0,740

Höchsttertrag (Gesamt)

Höchsttertrag (Korn)

Höchsttertrag (Stroh)

Höchstwerte im Nährstoffentzug

I_2 , I_3 , II_3 und III_3 in den Phosphorentzügen dem KW V an. Parallel zu den höchsten K-Entzügen werden auch die höchsten Ca- und Mg-Entzüge bei der Variante III_3 gefunden. Deutlich höhere Na-Entzüge zeigt die Variante ohne Kaliumdüngung.

Zusammenfassend wird nochmals festgestellt: Die Gesamterträge lagen 1969 höher als 1965. Den Erträgen folgten die Gesamtentzüge weitgehend, wogegen die Na-Entzüge 1965 höher lagen.

4.4.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 20,21)

Im Jahre 1966 werden aufgrund der höchsten Gesamterträge die höchsten Entzüge aller Nährstoffe bei der Variante I_3 gefunden. Eine Ausnahme bildet die Variante III_3 mit gleichem Na-Entzug. Der Entzug liegt bei N bei 49,8 kg/ha, bei K bei 43,2 kg/ha und bei Phosphor bei 14,1 kg/ha. Neben der Variante I_3 können die Varianten Po und II_3 mit ihren N-Entzügen in den KW V eingeordnet werden.

Wie aus Tabelle 21 weiter zu ersehen ist, sind 1970 die höchsten N-Entzüge mit 100,3 kg/ha und die höchsten K-Entzüge mit 88,8 kg/ha, mit Ausnahme der P-Entzüge, wiederum bei der Variante I_3 - die den höchsten Gesamtertrag von 70,1 dz/ha aufweist - zu finden. Die Variante III_3 folgt mit den höchsten P-, Ca- und Mg-Entzügen; dagegen zeigt die Variante II_3 höchste Na-Entzüge. Mit ebenfalls hohen Entzügen stehen die Varianten III_3 mit N, sowie I_3 und II_3 mit P auf demselben Niveau. Ein Vergleich der beiden Jahre zeigt, daß 1970 die Gesamtentzüge weitgehend den Erträgen folgten und ausnahmslos höher sind als 1966.

Sommergerste 1966

Variante	Ertrag dz/ha	Feh- ler	EKL	N	Feh- ler	KW	K	Feh- ler	KW	P	Feh- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	16,0	0,84	I	19,6	1,03	I	13,8	0,72	I	5,50	0,29	I	4,91	2,01	0,61
Ko	31,7	0,98	III	38,0	1,17	III	19,6	0,61	I	10,7	0,33	III	6,10	2,80	2,44
Po	37,4	1,47	IV	48,0	1,88	V	28,1	1,10	III	12,5	0,49	IV	6,02	2,91	3,01
N: K: P 1:2,00:0,56															
I ₁	26,8	1,07	II	32,8	1,31	II	20,2	0,81	II	9,10	0,36	II	4,81	2,52	2,32
I ₂	33,0	0,69	III	39,6	0,83	III	26,3	0,55	III	10,8	0,23	III	5,00	3,11	3,20
I ₃	41,8	1,08	V	49,8	1,29	V	43,2	1,12	V	14,1	0,37	V	7,10	4,11	3,80
1:2,00:0,40															
II ₁	25,7	1,29	II	31,9	1,60	II	19,1	0,96	I	9,20	0,46	II	4,42	2,50	2,31
II ₂	33,0	1,08	III	39,4	1,29	III	26,5	0,87	III	10,4	0,34	III	5,21	3,02	3,10
II ₃	39,8	1,67	V	45,8	1,92	V	37,6	1,58	IV	12,2	0,51	IV	6,22	3,60	3,50
1:1,32:0,40															
III ₁	30,7	1,55	III	35,1	1,77	II	22,9	1,16	II	10,3	0,52	III	5,71	2,81	3,00
III ₂	32,5	1,90	III	37,7	2,20	III	25,2	1,47	III	10,7	0,63	III	5,01	3,11	3,20
III ₃	39,8	1,29	V	44,7	1,45	IV	39,1	1,27	IV	12,8	0,41	IV	6,60	3,81	3,80

 Höchstertrag (Gesamt)

• Höchstertrag (Korn)

+ Höchstertrag (Stroh)

 Höchstwerte im Nährstoffentzug

Tabelle 21

Gesamterträge, Nährstoffentzug kg/ha, Klassenwerte

S o m m e r g e s t e 1970

Variante	Ertrag dz/ha	Feh- ler	EKL	N	Feh- ler	KW	K	Feh- ler	KW	P	Feh- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	34,5	2,75	I	42,7	3,40	I	29,9	2,38	I	13,9	1,11	I	6,01	3,21	0,82
Ko	61,5	0,52	IV	72,8	0,62	III	49,5	0,42	I	21,7	0,18	IV	10,6	5,20	1,57
Po	61,5	1,66	IV	71,8	1,94	III	59,2	1,60	II	20,2	0,55	III	9,21	5,51	2,00
N : K : P 1:2,00:0,56															
I 1	52,6	1,52	III	57,7	1,67	II	48,2	1,39	I	17,6	0,51	II	7,52	4,71	1,68
I 2	60,3	1,29	IV	73,5	1,57	III	66,9	1,43	III	21,2	0,45	IV	8,70	5,92	2,09
I 3	70,1	1,52	V	100,3	2,17	V	88,8	1,93	V	26,1	0,57	V	11,4	7,99	2,91
1:2,00:0,40															
II 1	48,7	1,29	II	52,0	1,37	I	41,3	1,09	I	15,9	0,42	I	6,61	4,82	1,16
II 2	59,2	1,29	IV	73,5	1,60	III	59,2	1,29	II	20,5	0,45	III	9,52	5,81	1,38
II 3	67,3	1,32	V	89,4	1,75	IV	78,1	1,53	IV	25,6	0,50	V	11,2	7,60	2,67
1:1,32:0,40															
III 1	51,5	1,34	III	57,9	1,51	II	44,0	1,14	I	17,7	0,46	II	8,70	5,20	1,21
III 2	60,6	1,23	IV	70,6	1,43	III	62,4	1,27	II	21,0	0,42	IV	10,0	5,91	1,85
III 3	68,9	1,25	V	99,6	1,81	V	76,4	1,39	IV	27,2	0,49	V	11,8	8,82	2,31

☐ Höchstertrag (Gesamt)

• Höchstertrag (Korn)

+ Höchstertrag (Stroh)

— Höchstertrag im Nährstoffentzug

4.4.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 22 u. 23)

Mit dem höchsten Gesamtertrag von 103,5 dz/ha weist die Variante II₃ im Jahre 1967 auch die höchsten N- (110,7 kg/ha), P- (42,1 kg/ha), Ca- und Mg-Entzüge auf. Danach rangieren, mit ebenfalls hohen Entzugszahlen dem KW V angehörend, die Varianten I₂, I₃, III₂ und III₃ mit N-Entzügen, sowie die III₂ und III₃ mit P-Entzügen. Der höchste Kalientzug ist bei den Varianten I₃ und III₃ zu finden, der bei beiden 144 kg/ha beträgt. Mit hohen K-Entzügen im KW V folgen die Varianten II₃ und III₂. Wie aus Tabelle 23 zu ersehen ist, weist 1971 die Variante III₃ mit dem Höchstertrag von 105,9 dz/ha höchste Entzüge bei K mit 271 kg/ha und N mit 119,7 kg/ha auf. Die höchsten Erträge bei Stickstoff sind bei Variante I₂ zu finden, die auch nur geringe Differenzen im Kalientzug zu den Varianten III₃ und II₂ aufweist. Bei entsprechend hohem Ertrag hat die Variante I₁ den höchsten P-Entzug von 52,6 kg/ha. Mit höchsten N-Entzügen sind die Varianten I₃, II₂ sowie die Variante III₃ dem KW V zugeordnet. Obwohl die Gesamterträge 1971 mit nur geringen Differenzen über den Gesamterträgen von 1967 liegen, sind die Gesamtentzüge - mit Ausnahme der Ca-Entzüge 1971 beträchtlich höher.

Die Nährstoffentzüge gehen weitgehend mit den Erträgen parallel, das erklärt auch die Differenzen zwischen den Jahren bei gleicher Frucht. Ein eindeutiger Einfluß der Düngungsintensität auf die Höhe des Nährstoffentzuges ist nicht immer nachweisbar. Meist liegen aber die Varianten mit dem höchsten Nährstoffentzug auch im Höchstertragsgebiet.

Tabelle 22

Gesamterträge, Nährstoffentzug kg/ha, Klassenwerte

H a f e r 1967

Variante	Ertrag dz/ha	Fehl- ler	EXL	N	Fehl- ler	KW	K	Fehl- ler	KW	P	Fehl- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	54,3	1,68	I	44,2	1,37	I	74,3	2,30	I	20,1	0,62	I	14,4	4,31	1,10
Ko	87,2	2,41	IV	80,0	2,22	IV	133	3,68	V	30,5	0,84	I	19,2	6,70	2,71
Po	97,6	2,83	V	90,7	2,63	IV	117	3,39	IV	33,4	0,91	II	21,9	5,62	3,02
N: K: P 1:1,87:0,53															
I ₁	86,4	5,51	IV	86,4	5,51	IV	105	6,69	III	31,3	2,00	II	21,2	6,31	2,62
I ₂	96,3	1,32	V	100,8	1,38	V	124	2,70	IV	36,1	0,49	III	23,1	7,60	3,30
I ₃	94,6	1,97	V	108,0	2,25	V	144	3,00	V	38,3	0,80	IV	25,8	7,12	4,11
1:1,25:0,35															
II ₁	89,4	1,33	IV	81,3	1,21	IV	108	1,61	III	34,3	0,51	II	21,6	6,82	2,31
II ₂	96,3	1,74	V	90,2	1,63	IV	118	2,11	IV	38,5	0,70	IV	22,0	7,31	3,10
II ₃	103,5	4,01	V	110,7	4,29	V	128	4,96	V	42,1	1,63	V	26,5	8,80	4,40
1:1,25:0,35															
III ₁	91,0	2,90	IV	91,5	2,91	IV	121	3,86	IV	32,4	1,03	II	19,5	6,01	3,82
III ₂	102,7	3,63	V	102,7	3,63	V	134	4,74	V	38,7	1,37	V	23,3	7,20	4,40
III ₃	100,5	5,24	V	106,6	5,56	V	144	7,51	V	39,4	2,05	V	25,9	7,11	5,61

Höchstsertrag (Gesamt)

Höchstsertrag (Korn)

Höchstsertrag (Stroh)

Höchstwerte im Nährstoffentzug

Tabelle 22

Gesamterträge, Nährstoffentzug kg/ha, Klassenwerte

H a f e r 1971

Variante	Ertrag dz/ha	Feh- ler	EXL	N	Feh- ler	KW	K	Feh- ler	KW	P	Feh- ler	KW	Ca	Mg	Na
U	77,6	1,42	I	72,7	1,33	I	159	2,90	I	32,1	0,56	I	13,4	7,11	6,90
Ko	90,3	1,12	II	91,2	1,13	I	189	2,34	I	37,8	0,47	I	15,9	8,22	10,5
Po	97,4	0,54	III	100,0	0,55	I	209	1,16	I	37,5	0,21	I	18,4	7,73	13,9
N : K : P															
1:1,50:0,42															
I 1	100,3	0,66	IV	105,6	0,69	II	226	1,49	II	52,6	0,35	V	19,4	8,60	14,8
I 2	105,1	1,46	V	120,3	1,67	V	263	3,66	IV	49,5	0,69	IV	21,8	8,74	16,6
I 3	102,9	1,19	V	119,1	1,38	V	255	2,95	IV	47,1	0,54	III	21,4	8,95	17,0
1:1,50:0,28															
II 1	97,1	1,55	III	87,3	1,39	I	196	3,13	I	38,2	0,61	I	16,5	8,04	12,8
II 2	103,8	0,66	IV	117,0	0,74	V	250	1,59	III	46,5	0,30	III	21,4	8,32	14,1
II 3	97,1	1,08	V	111,7	1,24	III	232	2,58	II	41,6	0,46	I	20,6	7,79	16,9
1:1,00:0,28															
III 1	95,4	0,62	III	104,0	0,68	II	215	1,39	I	40,5	0,26	I	19,1	8,11	12,3
III 2	105,4	0,69	V	115,7	0,76	IV	254	1,67	IV	46,3	0,30	III	22,9	8,93	17,7
III 3	105,9	0,88	V	119,7	0,99	V	271	2,25	V	45,9	0,38	II	22,2	8,70	19,8

 Höchstertrag (Gesamt)

• Höchstertrag (Korn)

+ Höchstertrag (Stroh)

— Höchstertrag im Nährstoffentzug

4.5 Nährstoffverhältnis im Gesamtentzug

Neben den absoluten Werten, bezogen auf Gesamterträge und Gesamtentzüge der Fruchtarten, die im vorangegangenen Abschnitt besprochen wurden, soll nachfolgend auf das Nährstoffverhältnis der Nährstoffe N:K:P eingegangen werden, wobei N=1 gesetzt wird. Da sich die Nährstoffverhältnisse zum Teil unterscheiden, was die Vergleiche zwischen den Untersuchungsjahren zeigen, darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß jede Fruchtart ein ihr arteigenes Verhältnis der Nährstoffe im Entzug aufweist, das mehr oder weniger Witterungs- und Düngungseinflüssen unterliegt.

Die gefundenen Nährstoffverhältnisse in den Komponenten der einzelnen Varianten bleiben nachfolgend unerwähnt, sie sind im Anhang 2-9 aufgeführt.

4.5.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 24)

Im trockenen Jahr 1964 liegt das Nährstoffverhältnis beim Höchstertrag bei N:K:P:Ca:Mg:Na wie 1:1,44:0,12:0,34:0,40:0,65. Im feuchten Jahr 1968 dagegen wie 1:1,96:0,19:0,43:0,23:0,65. Wie bereits bemerkt, ist der Nährstoffentzug bei höheren Erträgen 1968 naturgemäß absolut höher. Hier zeigt sich aber auch eine Verschiebung der Relationen zwischen den Nährstoffen, da mit Ausnahme des Magnesiums und des Natriums, die sich im Verhältnis verringert haben bzw. gleich geblieben sind, alle Nährstoffe in größeren Mengen aufgenommen wurden. Das ist besonders deutlich bei dem Nährstoff Kalium und läßt die Abhängigkeit der Kaliumdynamik von der Durchfeuchtung des Bodens erkennen.

Bei der Betrachtung der Nährstoffverhältnisse im Entzug der im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten fällt auf, daß in allen Fällen (siehe Tab.24, eingerahmte Varianten)

Tabelle 24

Nährstoffverhältnis im Gesamtnährstoffentzug

Zuckerüben 1964

Zuckerüben 1968

Variante	N : K	P	Ca	Mg : Na	Variante	N : K	P	Ca	Mg : Na
U	1: 1,35	0,17	0,43	0,55 0,70	U	1: 1,98	0,23	0,47	0,29 0,62
Ko	1: 1,05	0,14	0,38	0,45 0,67	Ko	1: 1,49	0,20	0,39	0,26 0,62
Po	1: 1,22	0,13	0,35	0,41 0,51	Po	1: 1,78	0,21	0,47	0,28 0,67
N : K : P 1:1,11:0,35					1:1,11:0,35				
I ₁	1: 1,34	0,13	0,39	0,45 0,61	I ₁	1: 1,81	0,21	0,43	0,24 0,64
I ₂	1: 1,26	0,12	0,38	0,42 0,63	I ₂	1: 1,80	0,20	0,44	0,22 0,71
I ₃	1: 1,46	0,12	0,39	0,41 0,69	I ₃	1: 1,43	0,19	0,42	0,22 0,61
1:1,11:0,26					1:1,11:0,26				
II ₁	1: 1,34	0,14	0,38	0,43 0,57	II ₁	1: 1,80	0,21	0,44	0,24 0,65
II ₂	1: 1,21	0,12	0,37	0,39 0,58	II ₂	1: 1,81	0,19	0,45	0,22 0,71
II ₃	1: 1,10	0,13	0,34	0,40 0,65	II ₃	1: 1,89	0,18	0,41	0,22 0,64
1:0,83:0,26					1:0,83:0,26				
III ₁	1: 1,35	0,14	0,38	0,43 0,60	III ₁	1: 1,80	0,22	0,43	0,24 0,61
III ₂	1: 1,20	0,13	0,36	0,39 0,56	III ₂	1: 1,81	0,20	0,44	0,22 0,72
III ₃	1: 1,44	0,12	0,34	0,40 0,65	III ₃	1: 1,96	0,19	0,43	0,23 0,65

Höchsterttrag (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Körper)

deutliche Unterschiede im Stickstoff-Kalium-Verhältnis vorhanden sind. Alle im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten weisen ein N:K-Verhältnis von 1:1,10-1,46 auf, der Höchstertrag hingegen 1:1,44. 1968 liegt das N:K-Verhältnis der noch im Höchstertragsgebiet liegenden Variante I₃ mit 1:1,43 ebenfalls erheblich niedriger als das des Höchstertrages mit 1:1,96.

Während bei der Variante ohne Kalium der Mangel im Nährstoffverhältnis deutlich erkennbar ist, weist die Variante "ohne P" keine Abweichungen im N:P-Verhältnis auf, das deutet auf die gute Verfügbarkeit der bodeneigenen Phosphate hin. Während 1968 die Nährstoffverhältnisse im Entzug der Varianten "ohne Mineraldüngung" und III₃ mit dem Höchstertrag fast identisch sind, ist das 1964 nicht so ausgeprägt der Fall, trotzdem variieren ja die Erträge zwischen den genannten Varianten ganz beachtlich. Andererseits sind die Nährstoffverhältnisse im Entzug bei Varianten mit fast gleichen Erträgen ebenfalls identisch und zwar 1964 bei I₃ und III₃. Feste Beziehungen zwischen Ertrag und Nährstoffverhältnis im Entzug bestehen demnach nicht.

4.5.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 25)

Einen meßbaren Einfluß übt die Jahreswitterung auf das Nährstoffverhältnis beider Jahre aus das, wie aus der Tabelle 25 hervorgeht, für 1969 ein deutlich verändertes Verhältnis von N:K aufzeigt. 1965 liegt N:K immer wie 1:0,75-1,00, dagegen 1969 wie 1:0,98-1,27. Das bedeutet eine relativ höhere Kaliumaufnahme in diesem Jahr. Im Jahre 1965 beträgt das Nährstoffverhältnis beim Höchstertrag bei N:K:P:Ca:Mg:Na 1:0,84:0,21:0,11:0,05:0,013. Dagegen ist 1969 das Nährstoffverhältnis beim Höchstertrag etwas enger und liegt bei der Variante I₃, die den Höchstertrag bringt wie 1:0,98:0,25:0,15:0,07:0,06. Eine Veränderung der Verhältnisse

Tabelle 25

Nährstoffverhältnis im Gesamtnährstoffentzug

Winterweizen 1965

Winterweizen 1969

Variante	N : K	P	Ca	Mg : Na	Variante	N : K	P	Ca	Mg : Na
U	1: 0,92	0,28	0,12	0,08 0,009	U	1: 1,02	0,32	0,17	0,11 0,11
Ko	1: 0,85	0,24	0,12	0,06 0,009	Ko	1: 1,12	0,27	0,16	0,08 0,09
Po	1: 0,92	0,24	0,12	0,06 0,007	Po	1: 1,14	0,27	0,15	0,08 0,07
N : K : P									
1:1,50:0,46					1:1,50:0,46				
I ₁	1: 0,78	0,25	0,11	0,08 0,008	I ₁	1: 1,26	0,30	0,21	0,08 0,07
I ₂	1: 0,88	0,24	0,11	0,07 0,014	I ₂	1: 1,08	0,27	0,15	0,07 0,04
I ₃	1: 1,00	0,23	0,12	0,08 0,014	I ₃	1: 0,98	0,25	0,15	0,07 0,06
1:1,50:0,30					1:1,50:0,30				
II ₁	1: 0,91	0,25	0,12	0,08 0,014	II ₁	1: 1,15	0,30	0,18	0,08 0,07
II ₂	1: 0,75	0,25	0,10	0,07 0,011	II ₂	1: 1,32	0,28	0,18	0,07 0,07
II ₃	1: 0,87	0,23	0,12	0,07 0,012	II ₃	1: 1,21	0,26	0,15	0,07 0,06
1:1,00:0,30					1:1,00:0,30				
III ₁	1: 0,82	0,26	0,12	0,06 0,012	III ₁	1: 1,27	0,30	0,18	0,10 0,08
III ₂	1: 0,84	0,21	0,11	0,05 0,013	III ₂	1: 1,26	0,28	0,16	0,09 0,07
III ₃	1: 0,98	0,20	0,12	0,06 0,011	III ₃	1: 1,19	0,24	0,14	0,07 0,07

Höchstsertrag (Gesamt)

Höchstsertragsgebiet (Gesamt)

Höchstsertragsgebiet (Korn)

ist bei N:K und N:Ca festzustellen, die in beiden Jahren größeren Schwankungen unterliegen.

Bei den im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten können Unterschiede im N:K-Verhältnis gefunden werden. 1965 liegt es zwischen 1:0,82 und 1:1,00. 1969 schwankt das Stickstoff-Kalium-Verhältnis bei den im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten zwischen 1:0,98 und 1:1,19. Die Variante I₃ mit dem Höchstertrag zeigt im Vergleich zur Variante III₃, die sich im Ertrag nicht wesentlich unterscheiden, ein engeres N:K-Verhältnis. Die Varianten ohne Kalium und ohne Phosphor zeigen in beiden Jahren im N:P-Verhältnis keine Abweichungen, was darauf zurückzuführen ist, daß Kali und Phosphor in genügender Menge im Verhältnis zur Stickstoff aufgenommen wurde. 1965 unterscheiden sich die Nährstoffverhältnisse im Entzug bei der ungedüngten Variante von denen der Variante III₂, die den höchsten Ertrag nachweist, mit einem engeren Verhältnis der Nährstoffe. Mit Ausnahme des N:K-Verhältnisses zeigt sich 1969 dasselbe Bild.

4.5.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 26)

In beiden Versuchsjahren treten bei den Werten der Nährstoffverhältnisse nur geringe Schwankungen auf trotz extremer Witterungsunterschiede zwischen den Jahren und wesentlich höheren Nährstoffentzügen im Jahre 1970. 1966 liegt das Nährstoffverhältnis beim Höchstertrag bei N:K:P:Ca:Mg:Na wie 1:0,86:0,27:0,14:0,08:0,07, 1970 wie 1:0,86:0,26:0,11:0,08:0,03. Es fällt auf, daß das N:K- und N:P-Verhältnis identisch sind. Die N:K-Verhältnisse der im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten zeigen relativ geringfügige Unterschiede, wobei die Variante I₃ 1966 mit dem höchsten Ertrag mit 1:0,86 eine Mittelstellung aufweist. 1970 variiert das N:K-Verhältnis zwischen den im Höchstertragsgebiet liegenden

Tabelle 26

Nährstoffverhältnis im Gesamtnährstoffentzug

Sommergerste 1966				Sommergerste 1970			
Variante	N : K	P	Ca : Mg : Na	Variante	N : K	P	Ca : Mg : Na
U	1: 0,70	0,28	0,25 0,10 0,03	U	1: 0,70	0,32	0,14 0,07 0,02
Ko	1: 0,51	0,27	0,16 0,07 0,07	Ko	1: 0,68	0,30	0,14 0,07 0,03
Po	1: 0,59	0,26	0,12 0,06 0,06	Po	1: 0,83	0,28	0,13 0,08 0,03
N : K : P				1:2,00:0,56			
1:2,00:0,56				I 1	1: 0,83	0,30	0,13 0,08 0,03
I 1	1: 0,61	0,28	0,15 0,07 0,07	I 2	1: 0,90	0,29	0,12 0,08 0,02
I 2	1: 0,66	0,27	0,12 0,07 0,08	I 3	1: 0,86	0,26	0,11 0,08 0,03
I 3	1: 0,86	0,27	0,14 0,08 0,07	1:2,00:0,40			
1:2,00:0,40				II 1	1: 0,80	0,30	0,13 0,09 0,02
II 1	1: 0,60	0,29	0,14 0,08 0,07	II 2	1: 0,80	0,27	0,12 0,10 0,02
II 2	1: 0,67	0,26	0,13 0,08 0,08	II 3	1: 0,87	0,29	0,13 0,08 0,03
II 3	1: 0,82	0,26	0,14 0,08 0,08	1:1,32:0,40			
1:1,32:0,40				III 1	1: 0,75	0,30	0,15 0,10 0,02
III 1	1: 0,65	0,29	0,17 0,08 0,08	III 2	1: 0,89	0,30	0,14 0,09 0,03
III 2	1: 0,66	0,28	0,13 0,13 0,09	III 3	1: 0,77	0,27	0,12 0,09 0,02
III 3	1: 0,88	0,29	0,15 0,15 0,08				

Höchsterttrag (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Korn)

Varianten von 1:0,77-0,87, die Variante mit dem Höchstertrag hat ein Verhältnis von 1:0,86 aufzuweisen. Wie am Anfang schon erwähnt, sind die N:P-Verhältnisse im Entzug bei den Varianten mit fast gleichhohen Erträgen in beiden Jahren identisch.

4.5.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 27)

Obwohl die Erträge bei einem Vergleich beider Jahre relativ geringe Differenzierungen aufweisen, ist das Nährstoffverhältnis innerhalb aller Varianten Schwankungen unterworfen, das heißt, daß die unterschiedliche Entzugshöhe bei den Varianten hier nicht so stark vom Ertrag abzuhängen scheint. Während 1967 das Nährstoffverhältnis beim Höchstertrag bei N:K:P:Ca:Mg:Na wie 1:1,58:0,38:0,24:0,08:0,04 liegt, zeigt es dagegen 1971 folgende Werte: 1:2,20:0,38:0,19:0,08:0,16. Wie aus Tabelle 27 hervorgeht, ist eine beachtliche Veränderung der Relationen zwischen den Nährstoffverhältnissen eingetreten. Das N:Ca-Verhältnis zeigt 1967 höhere Werte als 1971, dagegen ist das N:P- und N:Mg-Verhältnis in beiden Jahren annähernd gleich. Bei den im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten schwankt 1967 das N:K-Verhältnis zwischen 1:1,28 und dem Höchstertrag von 1:1,58. 1971 weisen die entsprechenden Varianten ein N:K-Verhältnis von 1:2,13-2,20 auf. Das erheblich weitere N:K-Verhältnis von 1971 ist auf die gesteigerte Stickstoffdüngung und einer wesentlich höheren Kaliumaufnahme im Stroh zurückzuführen.

Die ungedüngte Variante zeigt 1967 das weiteste N:K-Verhältnis von 1:1,68, danach folgt die Variante ohne Kalium mit 1,65. Das höchste N:P-Verhältnis stellt 1967 ebenfalls die ungedüngte Variante dar, ausgesprochen niedrig liegt es jedoch bei der Variante ohne Phosphor mit 1:0,36. 1971 weisen diese Varianten keine Abweichungen im N:P-Verhältnis auf und zeigen zum Durchschnittswert ein ausgeglichenes Verhältnis.

Tabelle 27

Nährstoffverhältnis im Gesamtnährstoffentzug

H a f e r 1967

H a f e r 1971

Variante	N : K	: P	: Ca	: Mg	: Na	Variante	N : K	: P	: Ca	: Mg	: Na
U	1: 1,68	0,47	0,32	0,10	0,02	U	1: 2,18	0,44	0,18	0,10	0,10
Ko	1: 1,55	0,38	0,24	0,09	0,03	Ko	1: 2,06	0,42	0,17	0,09	0,10
Po	1: 1,28	0,36	0,24	0,06	0,03	Po	1: 2,11	0,37	0,19	0,08	0,14
N : K : P											
1:1,87:0,53						1:1,50:0,42					
I 1	1: 1,22	0,36	0,25	0,07	0,03	I 1	1: 2,14	0,51	0,18	0,09	0,14
I 2	1: 1,24	0,36	0,23	0,08	0,03	I 2	1: 2,20	0,41	0,18	0,07	0,14
I 3	1: 1,23	0,35	0,24	0,07	0,04	I 3	1: 2,15	0,40	0,18	0,08	0,15
1:1,87:0,35						1:1,50:0,28					
II 1	1: 1,32	0,41	0,26	0,09	0,03	II 1	1: 2,24	0,43	0,19	0,08	0,13
II 2	1: 1,30	0,43	0,24	0,09	0,03	II 2	1: 2,13	0,40	0,19	0,07	0,12
II 3	1: 1,58	0,38	0,24	0,08	0,04	II 3	1: 2,07	0,37	0,18	0,07	0,15
1:1,25:0,35						1:1,00:0,28					
III 1	1: 1,31	0,36	0,21	0,07	0,04	III 1	1: 2,06	0,39	0,18	0,07	0,12
III 2	1: 1,30	0,38	0,23	0,07	0,04	III 2	1: 2,18	0,40	0,20	0,07	0,15
III 3	1: 1,34	0,36	0,24	0,07	0,06	III 3	1: 2,20	0,38	0,19	0,08	0,16

Höchsterttrag (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Korn)

Allgemein kann festgestellt werden, daß die Nährstoffentzüge in erster Linie durch die Höhe der Erträge bestimmt werden und weniger durch die Nährstoffgehalte, eine bessere Beurteilung ist in dieser Hinsicht durch eine Betrachtung der scheinbaren Verwertung möglich, auf die nachfolgend eingegangen wird.

4.6 Scheinbare Nährstoffverwertung

Die scheinbare Nährstoffverwertung als Quotient aus Ertrag und Nährstoffentzug gibt an, wieviel kg Trockensubstanz von den Pflanzen mit einem kg aufgenommenen Nährstoff erzeugt wird. Sie wird aus dem Gesamtertrag und Gesamtentzug ermittelt. Da hier die Aufnahme gleich Entzug ist, gibt die scheinbare Verwertung die Verwertung der Nährstoffe zum Zeitpunkt der Ernte an. Bei den Getreidejahren wird Natrium wegen des geringen Einflusses auf die Ertragsbildung nicht aufgeführt.

4.6.1 Zuckerrüben 1964/1968 (Tabelle 28)

Aus den in der Tabelle mitgeteilten Zahlen geht hervor, daß zwischen den Jahren beachtliche Unterschiede in der scheinbaren Nährstoffverwertung bestehen. Im feuchten Jahr 1968 ist sie bei Stickstoff generell besser, bei Kalium und Phosphor schlechter. Bei Kalium und Phosphor ist sie 1964 deswegen besser, weil die Aufnahme stärker angestiegen ist als der Ertrag. Calcium und Natrium zeigen kaum Unterschiede, Magnesium wird 1968 immer besser verwertet. Wie nicht anders zu erwarten, zeigt die ungedüngte Variante bei Stickstoff die beste Verwertung mit 104 kg/ha (1964) und 114 kg/ha (1968) Trockenmasse pro aufgenommenen kg Nährstoff. Mit zunehmender Stickstoffdüngung geht die scheinbare Verwertung dieses Nährstoffes zurück und zeigt die

Tabelle 28

Scheinbare Nährstoffverwertung, bezogen auf Gesamtertrag (Ertrag/Aufnahme)

Z u c k e r r ü b e n 1964							Z u c k e r r ü b e n 1968						
Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	103,7*	77,1	636	242	191	148	U	114,3*	58,3	507*	245	407	184*
Ko	88,7	83,1*	640	233	196	131	Ko	96,1	64,4*	468	245	370	157
Po	90,1	74,5	705*	256*	208	173*	Po	100,0	53,6	491	211	359	146
N : K : P	1:1,11:0,35						1:1,11:0,35						
I ₁	87,6	64,2	650	224	196	145	I ₁	100,2	55,1	478	232	413	156
I ₂	83,2	66,3	654	213	201	131	I ₂	96,9	53,7	490	218	444	136
I ₃	71,8	49,2	577	203	174	104	I ₃	88,4	61,5	490	213	399	138
N : K : P	1:1,11:0,26						1:1,11:0,26						
II ₁	90,0	66,1	654	237	206	158	II ₁	98,1	54,2	475	229	409	152
II ₂	82,1	68,1	662	224	211	142	II ₂	96,9	53,2	490	218	444	136
II ₃	74,3	51,1	587	218	185	114	II ₃	87,2	46,2	490	212	396	136
N : K : P	1:0,83:0,26						1:0,83:0,26						
III ₁	91,4	67,2	657	244	211	166	III ₁	104,4	58,7	486	247*	430	171
III ₂	85,4	71,6	670	237	221*	155	III ₂	97,7	54,1	492	221	447*	138
III ₃	73,1	51,3	582	215	184	112	III ₃	94,2	48,2	494	223	410	146

Höchstsertrag (Gesamt)

Höchstsertragsgebiet (Gesamt)

Höchstsertragsgebiet (Körper)

Höchstwerte

*

niedrigsten Werte immer bei der höchsten Staffel der N-Düngung. Das gilt für die drei geprüften Nährstoffverhältnisse in der Düngung gleichsinnig.

Bei Kalium zeigt die Variante Ko die höchsten Werte in beiden Jahren, die dann aber auch mit steigender Kalizufuhr absinken. Eine Ausnahme bildet dabei die Variante I₃ 1968, wo bei hoher Kalidüngung eine relativ günstige Kaliverwertung festgestellt wird.

Der Einfluß der Phosphordüngung auf die scheinbare Verwertung dieses Nährstoffes ist gering.

4.6.2 Winterweizen 1965/1969 (Tabelle 29)

Wie aus den Zahlen der Tabelle zu ersehen ist, weicht die scheinbare Verwertung der Nährstoffe zwischen beiden Jahren mit deutlichen Differenzen voneinander ab. Stickstoff und Kalium wird im Jahre 1969 besser verwertet. Dagegen zeigt die Phosphorverwertung nur geringe Unterschiede. Eine höhere Calcium- und Magnesiumverwertung wird 1965 festgestellt. Bei der niedrigen Staffel in der N-Düngung hat die Variante III₁ mit 121 kg/ha (1965) und die I₁ mit 140 kg/ha (1969) die beste Stickstoffverwertung aufzuweisen. Die drei Gruppen der geprüften Nährstoffverhältnisse zeigen bei gesteigerter N-Düngung eine absinkende Verwertung, was auch zu erwarten war. Bei Kalium ist, wie schon bei Stickstoff, die beste Verwertung bei der Variante III₁ mit 148 kg/ha 1965 zu erkennen. 1969 weist die ungedüngte Variante den höchsten Wert auf. Mit zunehmender Kaligabe in der Düngung geht die scheinbare Verwertung dieses Nährstoffes innerhalb der Varianten zurück, mit Ausnahme der II₂ 1965 und I₃ 1969, letztere läßt eine relativ gute Kaliverwertung erkennen.

Die Phosphordüngung beeinflußt die scheinbare Verwertung

Tabelle 29

Scheinbare Nährstoffverwertung, bezogen auf Gesamttertrag ($\frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufnahme}}$)

Winterweizen 1965

Winterweizen 1969

Variante	N	K	P	Ca	Mg	Variante	N	K	P	Ca	Mg
U	109,2	116	381	905	1370	U	131,1	128*	394	746*	1248
Ko	101,6	120	416	842	1664	Ko	118,2	105	435	683	1420
Po	103,9	113	426	812	1625	Po	115,6	102	433	737	1464
N : K : P											
1:1,50:0,46						1:1,50:0,46					
I 1	103,7	133	406	865	1304	I 1	140,1*	111	440	682	1549
I 2	99,4	113	408	912	1446	I 2	109,4	101	391	704	1580
I 3	98,9	98	432	841	1393	I 3	103,8	108	416	742	1483
1:1,50:0,30						1:1,50:0,30					
II 1	107,1	117	421	940	1495	II 1	131,2	113	432	732	1554*
II 2	103,7	138	412	1008	1434	II 2	121,3	919	440	671	1921*
II 3	92,3	106	396	756	1256	II 3	100,0	828	385	685	1400
1:1,00:0,30						1:1,00:0,30					
III 1	121,4*	148*	476	933	1846*	III 1	138,4	109	455*	759	1442
III 2	104,8	126	507*	1034*	1818	III 2	122,7	972	430	744	1357
III 3	100,0	102	488	829	1764	III 3	101,0	85,5	419	707	1492

Höchsttertrag (Gesamt)

Höchsttertragsgebiet (Gesamt)

Höchsttertragsgebiet (Korn)

Höchstwerte

● *

dieses Nährstoffes in beiden Jahren nur gering. Eine Ausnahme bilden die Nährstoffverhältnisse der Gruppe II 1965 sowie der Gruppe III 1969.

4.6.3 Sommergerste 1966/1970 (Tabelle 30)

Die Tabelle macht die Unterschiede in der scheinbaren Nährstoffverwertung zwischen beiden Jahren sichtbar. 1966 ist sie bei Stickstoff im Durchschnitt besser. Auch die Kaliumverwertung weist 1966 teilweise höhere Zahlen auf. Bei Phosphor dagegen ist 1970 die Verwertung und damit die Trockensubstanzproduktion je aufgenommenen kg Nährstoff meist besser. Bei Calcium und Magnesium sind keine klaren Unterschiede zwischen den Varianten und Jahren festzustellen. Entgegen der Erwartung zeigen die Varianten mit hoher Stickstoffdüngung 1966 die bessere Verwertung dieses Nährstoffes. Die Variante III₃ mit 89,1 kg/ha verzeichnet den höchsten Wert, 1970 sinkt die scheinbare Verwertung des Stickstoffes mit zunehmender N-Düngung erwartungsgemäß ab. Die Variante II₁ erreicht in diesem Jahr mit 93,7 kg/ha die beste Verwertung. Bei Kalium haben in beiden Jahren die Ko-Varianten die beste scheinbare Verwertung, sie nimmt jedoch bei zunehmender Kalidüngung ab.

Die Einwirkung der Phosphordüngung auf die Verwertung dieses Nährstoffes ist bei allen geprüften Nährstoffverhältnissen 1970 etwa von gleichem Einfluß wie 1966.

4.6.4 Hafer 1967/1971 (Tabelle 31)

Da die Erträge beider Versuchsjahre mit nur geringen Unterschieden voneinander abweichen, ist die 1967 bessere scheinbare Verwertung der Nährstoffe Stickstoff, Kalium, Phosphor sowie Magnesium auf eine geringere Aufnahme zurückzuführen.

Tabelle 30

Scheinbare Nährstoffverwertung, bezogen auf Gesamtertrag ($\frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufnahme}}$)

Sommergerste 1966 Sommergerste 1970

Variante	N	K	P	Ca	Mg	Variante	N	K	P	Ca	Mg
U	81,1	115	196	326	800	U	80,3	115,1	248	575	1078*
Ko	83,5	161*	196	519	1132	Ko	84,3	124,*	184	580	1182*
Po	78,0	133	299	623	1289●	Po	85,5	103,5	305*	668	1118
N : K : P											
1:2,00:0,56	81,2	132	194	558*	1072	1:2,00:0,56	91,9	109,6	298	701	1119
I ₁	83,1	125	306	660*	1064	I ₁	82,3	90,9	284	694	1022
I ₂	83,5	96,3	296	589	1019●	I ₂	69,9	78,8	268	614	876●
I ₃						I ₃					
1:2,00:0,40											
II ₁	80,1	134	279	584	1028	1:2,00:0,40					
II ₂	83,3	124	317	634	1100	II ₁	93,7*	118,0	306	738*	1015
II ₃	86,4	105	326*	641	1105●	II ₂	80,4	100,0	288	623	1020
1:1,32:0,40											
III ₁	87,2	134	299	538	1096	II ₃	75,3	86,1	262	600	885●
III ₂	86,8	128	304	650	1048	1:1,32:0,40					
III ₃	89,1*	101	310	603	1047●	III ₁	88,5	117,0	290	591	990
						III ₂	85,6	97,7	289	606	1028
						III ₃	69,2	90,2	253	584	783●

Höchsterttrag (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Korn)

Höchstwerte

●

✱

Hafer 1967

Hafer 1971

Variante	N	K	P	Ca	Mg	Variante	N	K	P	Ca	Mg
U	122,8*	73,1	270	377	1263	U	106,7*	48,8*	242*	579	1093
Ko	107,9	65,8	286	451	1301*	Ko	99,0	47,8	239	568	1101*
Po	107,7	83,2*	292*	446	1743	Po	97,4	46,6	260	529	1265*
N:K:P	1:1,87:0,53					1:1,50:0,42					
I ₁	100,0	82,3	276	408	1371	I ₁	95,0	44,4	191	517	1166
I ₂	95,5	77,5	267	417	1267	I ₂	87,4	39,9	212	482	1208
I ₃	87,6	65,7	247	367	1332	I ₃	86,5	40,3	218	480	1130
1:1,87:0,35						1:1,50:0,28					
II ₁	110,0	82,6	261	414	1315	II ₁	111,2	49,6	254	588*	1214
II ₂	106,8	81,8	250	438	1319	II ₂	88,7	41,6	223	485	1251
II ₃	93,5	80,9	245	390	1176	II ₃	86,1	41,1	233	471	1245
1:1,25:0,35						1:1,00:0,28					
III ₁	99,4	75,6	280	466*	1517	III ₁	91,7'	44,4	236	499	1178
III ₂	100,0	76,7	265	440	1426	III ₂	91,1	41,1	227	461	1184
III ₃	94,3	69,7	255	389	1415	III ₃	88,6	39,0	230	478	1217

Höchsterttrag (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Gesamt)

Höchsterttragsgebiet (Korn)

Höchstwerte



Calzium wird 1971 besser verwertet (s.Tab. 31). Daß die Verwertung des Nährstoffes Stickstoff 1971 wesentlich schlechter als 1967 ist, beruht auf der gesteigerten N-Düngung. Erwartungsgemäß zeigt die ungedüngte Variante mit 123 kg/ha (1967) und 107 kg/ha (1971) Trockensubstanz je aufgenommenen kg die beste Verwertung. Die scheinbare Verwertung des Nährstoffes Stickstoff wird aber dann mit zunehmender N-Düngung bei den drei geprüften Nährstoffverhältnissen schlechter.

Im Gegensatz zu 1971, wo die ungedüngte Variante mit 48,8 kg/ha die höchste Verwertung des Kaliums erreicht, liegt sie 1967 mit 83,2 kg/ha bei der Variante Po. Die Kaliverwertung nimmt bei der höheren Staffel der K-Düngung ab, was für eine verhältnismäßig hohe Aufnahme dieses Nährstoffes durch die Fruchtart Hafer spricht. Während 1967 die Phosphordüngung auf die Verwertung dieses Nährstoffes, das gilt für die drei geprüften Nährstoffverhältnisse gleichsinnig, geringen Einfluß ausübt, ist diese Tendenz 1971 nicht vorhanden, weil beim Nährstoffverhältnis der Gruppe I eine geringere Verwertung vorliegt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Höhe der N-Gabe naturgemäß einen wesentlichen Einfluß auf die scheinbare Verwertung dieses Nährstoffes ausübt. Mit steigender N-Gabe sinkt der Wert ab. Der Einfluß der Jahre auf die scheinbare Nährstoffverwertung ist beachtlich groß. Die Höhe der Kali- und Phosphatgaben beeinflusst erwartungsgemäß ebenfalls die Verwertung dieser Nährstoffe. Das Verhältnis dieser Nährstoffe zueinander in der Düngung hat aber nur einen geringen und nicht immer gleichsinnig auftretenden Einfluß auf die scheinbare Verwertung.

4.7. Nährstoffbilanzen

Bei den vorliegenden Untersuchungen war eine Nährstoffbilanz für die im Versuch geprüften Varianten zu erarbeiten und zwar durch Gegenüberstellung der Größen: Nährstoffentzug durch die Fruchtarten und Nährstoffzufuhr durch die Düngung. Da die berechneten Bilanzzahlen sich lediglich auf die Differenz zwischen Düngung und Entzug stützen und damit der Faktor Ein- und Auswaschung der Nährstoffe aus dem Boden unberücksichtigt bleibt, ist die hier aufgestellte Nährstoffbilanz mit ihren Ergebnissen nicht vollständig. Sie dürfte aber trotzdem von Interesse sein, da sie Aufschlüsse über eine zweckmäßige Bemessung der Düngung gibt, um so die Nährstoffgehalte des Bodens bei einer langjährigen Bewirtschaftung zu erhalten bzw. wenn nötig zu steigern. Die Bilanz wird nur für die Hauptnährstoffe N, K und P aufgestellt. Bei den Nährstoffen Ca, Mg und Na muß auf eine Bilanz verzichtet werden, da der Unsicherheitsfaktor und Fehler in der Ermittlung der Düngergaben zu hoch ist. Eine negative Bilanz liegt dann vor, wenn die Nährstoffentzüge durch die Ernten größer als die Zufuhr durch die Düngung sind.

Die Besprechung erfolgt zunächst für jede Fruchtart der beiden Rotationen. Nachfolgend werden die Unterschiede von Nährstoffzufuhr und -entzug zwischen der ersten und zweiten Rotation ermittelt, um zu prüfen, welche Beziehungen zwischen den Düngungsversuchen mit steigender Nährstoffzufuhr und den Nährstoffentzügen durch die Ernten aller acht Jahre bestehen. Alle Ergebnisse sind auf kg/ha berechnet und sind in Tabelle 32 aufgeführt.

II ₃			III ₁			III ₂			III ₃		
N	K	P	N	K	P	N	K	P	N	K	P
213	236	56	120	100	32	160	133	42	213	177	56
156	224	19,7	117	157	16,3	132	158	16,8	169	243	21,4
+ 57	+ 12	+36,3	+ 3	-57	+15,7	+ 28	- 25	+25,2	+ 44	-66	+34,6
113	170	34	50	50	15	75	75	23	113	113	34
84,4	73,3	19,7	71,7	58,5	18,2	93,7	78,5	19,6	95,2	93,3	19,5
+28,6	+96,7	+14,3	-21,7	-8,5	-3,2	-18,7	-3,5	+3,4	+ 17,8	+19,7	+14,5
75	150	30	35	46	14	50	66	20	75	99	30
45,8	37,6	12,2	35,1	22,9	10,3	37,7	25,2	10,7	44,7	39,1	12,8
+29,2	+112,4	+17,8	- 0,1	+23,1	+3,7	+12,3	+40,8	+9,3	+30,3	+59,9	+17,2
90	168	31	40	50	14	60	75	21	90	113	31
111	128	42,1	91,5	121	32	103	134	38,7	107	144	39,4
-21	+40	-11,1	-51,5	-71	-18	-43	-59	-17,7	-17	-31	-8,4
491	724	151	245	246	75	345	349	106	491	502	151
397	463	93,7	315	359	76,8	366	396	85,8	416	519	93,1
+ 94	+261	+ 57,3	-70	-113	- 1,8	- 21	- 47	+ 20,2	+ 75	- 17	-57,9
213	236	56	120	100	32	160	133	42	213	177	56
2	340	37,9	155	277	33,8	186	334	36,8	202	396	38,7
+ 12	-104	+18,1	-35	-177	- 1,2	-26	-201	+ 5,2	+11	-219	+17,3
113	170	34	50	50	15	75	75	23	113	113	34
102	124	26,5	62,4	79,6	19	75,1	94,9	21,5	107	128	26
+ 11	+46	+ 7,5	-12,4	-29,6	-14	- 0,1	-19,9	+ 1,5	+ 6	- 15	+ 8
75	150	30	35	46	14	50	66	20	75	99	30
89,4	78,1	25,6	57,9	44	17,7	70,6	62,4	21	99,6	76,4	27,2
-14,4	+71,9	+4,4	-22,9	+ 2	- 3,7	-20,6	+ 3,6	-1	-24,6	+22,6	+ 2,8
110	168	31	50	50	14	75	75	21	110	113	31
112	232	41,6	104	215	40,5	116	254	46,3	120	271	45,9
- 2	-64	-10,6	-54	-165	-26,5	-41	-179	-25,3	-10	-158	-14,9
511	724	151	255	246	75	360	349	106	511	502	151
515	774	132	379	616	110	448	745	126	529	871	138
- 4	- 50	+ 19	-124	-370	-35	-88	-396	-20	-18	-369	+13
002	1448	302	500	492	150	705	698	212	1002	1002	302
912	1237	226	694	975	187	814	1141	212	945	1390	231
- 90	+211	+76	-194	-483	-37	-109	-443	+ 0	+ 57	-388	+71

4.7.1 Erste Rotation

Zuckerrüben 1964

Während nur bei den Varianten I_2 , II_2 und II_3 bei allen Nährstoffen positive Bilanzen auftreten, ist der Kalientzug in allen Varianten erwartungsgemäß, mit Ausnahme der P_0 , höher als die Düngung. Die Rübe als salzliebende Pflanze hat demnach die Bodenvorräte angegriffen. Dagegen ist bei den Varianten mit Phosphatdüngung auch eine positive P-Bilanz nachweisbar, ebenso bei Stickstoff. Das mag mit dem Trockenjahr 1964 zusammenhängen, wo der gedüngte Stickstoff den Pflanzen voll zur Verfügung stand und nicht rasch in den Unterboden und Untergrund verlagert wurde, zumal die Erträge relativ gering sind.

Winterweizen 1965

Die Ergebnisse zeigen für alle Nährstoffe bei den Varianten I_3 , II_2 , II_3 sowie III_3 positive Bilanzen. Aufgrund geringerer K-Entzüge ist, mit Ausnahme der III_1 und III_2 , bei allen Varianten eine positive Kalibilanz zu verzeichnen. Die niedrigen und mittleren N-Gaben in der Düngung bewirken bei allen Varianten, außer bei der II_2 , negative Stickstoffbilanzen. Dagegen ist bei allen Varianten mit Phosphatdüngung eine positive Phosphorbilanz zu verzeichnen.

Sommergerste 1966

Die Sommergerste zeigt bei allen gedüngten Varianten und bei allen Nährstoffen positive Bilanzen. Das ist auf die relativ niedrigen Erträge in diesem Jahr zurückzuführen.

Hafer 1967

Die Varianten weisen bei allen Nährstoffen negative Bilanzen auf. Nur bei der Variante I_3 und II_3 ist eine positive

K-Bilanz und auch nur, wiederum bei der I_3 , eine positive P-Bilanz zu verzeichnen. Das verdeutlicht das hohe Nährstoffaneignungsvermögen des Hafers. Diese Feststellung war der Anlaß für eine Steigerung der Stickstoffgaben zu Hafer im Jahre 1971.

1. Rotation:

Bei Betrachtung der Nährstoffbilanz der 1. Rotation (Abb.4) fällt auf, daß nur bei den Varianten I_3 , II_2 und II_3 bei allen Nährstoffen schwach positive Bilanzen auftreten, obwohl bei Getreide in zwei Fällen in der Variante II_3 Höchst-erträge erzielt werden. Mit rund 70 kg/ha weisen die Varianten III_1 und I_1 die stärksten negativen Werte bei Stickstoff auf. In der ungedüngten Variante werden in der 1. Rotation 192 kg/Stickstoff aus dem Bodenvorrat entnommen.

Dagegen ist Kali, vor allem beim Nährstoffverhältnis III mit geringeren Kaligaben, mehr entzogen worden als zugegeben wurde. In den kalibetonten Verhältnissen I und II ist die Kalibilanz ausgeglichen oder positiv. Bei der ungedüngten Variante lieferte der Boden 242 kg/ha und in der Variante K_0 340 kg/ha Kalium nach.

Nach der ersten Rotation erscheint die Phosphatbilanz immer ausgeglichen bzw. positiv, mit Ausnahme der mit P ungedüngten Varianten. Der Boden lieferte 83 kg/ha P nach, bei der ungedüngten Variante waren es 52 kg/ha.

4.7.2 Zweite Rotation

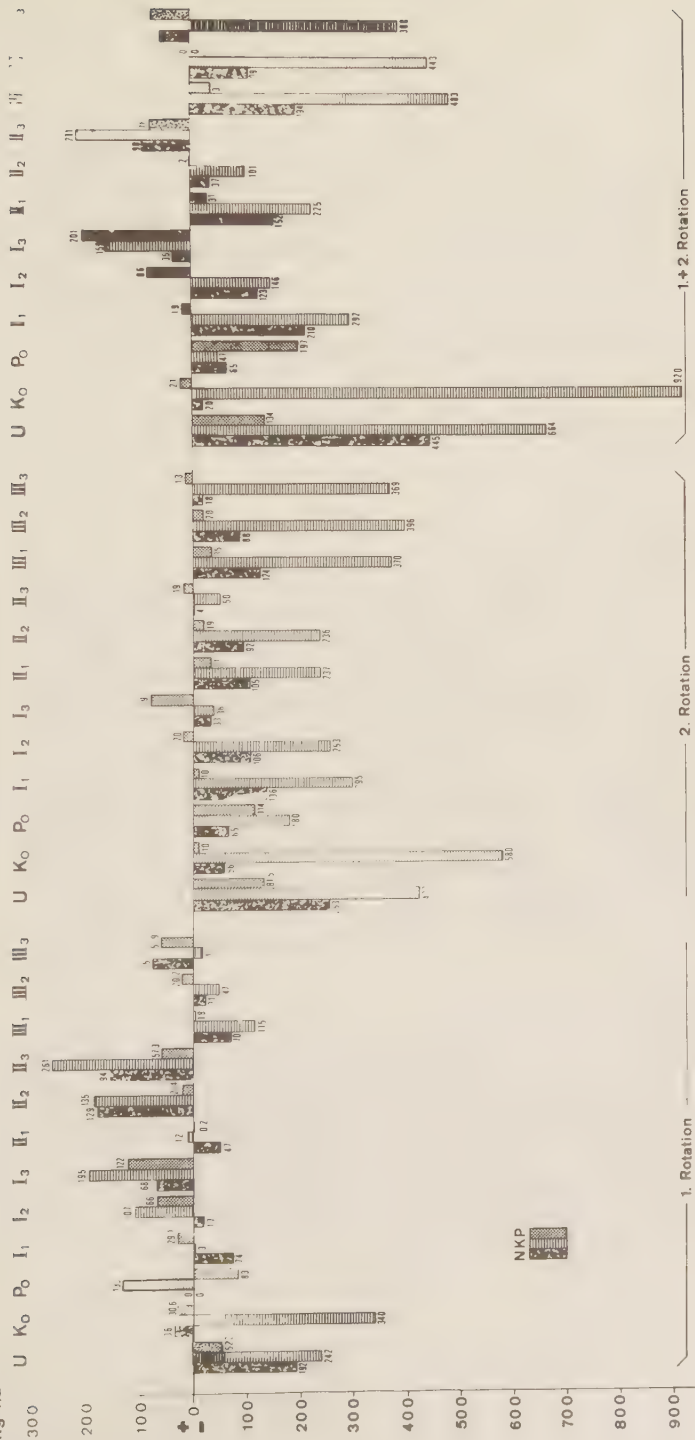
Zuckerrüben 1968

Das Jahr 1968 zeichnete sich durch günstige Witterung und hohe Erträge aus, demzufolge ist bei allen Varianten ein starker Nährstoffentzug eingetreten und bei keiner Variante ist eine positive Bilanz aller Nährstoffe vorhanden. Die

Abb.4

kg ha

Nährstoffbilanzen



Varianten mit höchster N-Düngung haben eine ausgeglichene N-Bilanz aufzuweisen. Dagegen sind die Kalientzüge bei allen Varianten immer erheblich höher als die zugeführten K-Mengen. Aus dem Bodenvorrat werden bei der Variante III₃ noch mehr als 200 kg/ha K entnommen. Obwohl die Düngung in dieser Variante nicht kalibetont ist, ermöglichte die gute Verfügbarkeit des Nährstoffes im Boden hier den Höchstertrag.

Die Phosphorbilanz ist bei allen gedüngten Varianten ausgeglichen oder positiv.

Winterweizen 1969

Beim Weizen treten für alle drei Nährstoffe in allen Varianten negative Bilanzen auf. Ausnahmen bilden in gewisser Weise jeweils die höchsten Staffeln der Nährstoffverhältnisse, wo die Bilanz zumindest ausgeglichen ist. Die geringen N-Gaben in der Düngung bewirken bei allen Varianten negative Bilanzen des Nährstoffes Stickstoff. Ein Ausgleich oder positive Bilanz wird nur bei den Varianten mit höchster N-Gabe in der Düngung erreicht. Die Kalibilanz ist aufgrund hoher K-Entzüge bei der Mehrzahl der Varianten negativ. Dagegen ist bei den Varianten mit Phosphatdüngung meist eine positive Bilanz zu erkennen. Eine Ausnahme bilden die Varianten II₁ sowie III₁, hier ist rechnerisch eine leichte Unterbilanz festzustellen.

Sommergerste 1970

Während die Kalibilanz nach Düngung nur positive Werte zeigt und auch bei dem Nährstoff Phosphor leicht negative Bilanzen lediglich bei den Varianten Ko, II₁, II₂ sowie III₁ und III₂ auftreten, ist die Stickstoffbilanz bei allen Varianten ausgesprochen negativ. Die Ursache ist im erhöhten Entzug mit recht guten Erträgen zu suchen.

Hafer 1971

In diesem Jahr zeigen die Nährstoffe N, K, P trotz erhöhter Düngung ausnahmslos bei allen Varianten negative Bilanzen. Auf die gesteigerte Stickstoffdüngung reagiert keine Variante mit positiver Bilanz, der Kalientzug ist bei allen Varianten wesentlich höher als die Düngung, bedingt durch die hohen Kalientzüge im Stroh. Auch bei den Varianten mit Phosphatdüngung ist wider Erwarten eine negative Bilanz eingetreten.

2. Rotation

In der zweiten Rotation (Abb.4) wird aufgrund der vorstehend beschriebenen Bilanzen in den Jahren keine ausgeglichene Nährstoffbilanz erreicht. Alle Varianten der drei Nährstoffverhältnisse haben bei den Nährstoffen N, K, P negative Bilanzen zu verzeichnen, die auf den hohen Nährstoffentzügen der Rüben und des Hafers beruhen. Wie schon in der ersten Rotation, weisen die Varianten III₁ mit -124 kg/ha sowie die I₁ mit -136 kg/ha die stärksten negativen Werte bei Stickstoff auf, die ungedüngte Variante entzieht dem Boden immerhin -253 kg/ha N in vier Jahren. Diese Tatsache konnte in der ersten Rotation nicht so ausgeprägt festgestellt werden. Die kalibetonten Nährstoffverhältnisse in der Düngung der Gruppen I und II weisen demnach noch eine positive Bilanz auf.

Mit relativ wenig Kali in der Düngung ist das Nährstoffverhältnis III am stärksten betroffen, d.h., daß der Kalientzug wesentlich höher war als die Zufuhr durch die Düngung. Die ungedüngte Variante entzog dem Boden 422 kg/ha und die Variante Ko-580 kg/ha Kali. Die Phosphorbilanz ist bei den Varianten mit höchster P-Düngung ausgeglichen oder positiv. Ebenso erreicht von dem Nährstoffverhältnis I die Variante I₂ mit verhältnismäßig geringer P-Gabe in der Düngung noch eine positive Bilanz.

4.7.3 Nährstoffbilanz des Versuches 1964-1971

Die in der letzten Spalte aufgestellte Nährstoffbilanz über acht Jahre und zwei Rotationen der Fruchtfolge Zuckerrübe - Weizen - Gerste - Hafer zeigt, daß nur die Variante I_3 und II_3 mit den drei untersuchten Nährstoffen N-K-P ausgeglichene Bilanzen aufweisen. In allen anderen Varianten mußten die Pflanzen mehr oder weniger große Mengen an Nährstoffen aus dem Bodenvorrat entnehmen. Dabei zeigt die ungedüngte Variante mit 445 kg/ha N, 664 kg/ha K und 134 kg/ha P das Nachlieferungsvermögen des Bodens an. Bei den Nährstoffen K und P wird es durch die Entzüge von 920 kg/ha K und 197 kg/ha P bei den entsprechenden Mangelvarianten noch verdeutlicht. In allen Fällen, in denen keine ausgeglichene bzw. positive Nährstoffbilanz nach acht Jahren vorhanden war, wurden auch keine Höchstserträge geerntet. Eine Ausnahme bilden die Zuckerrüben, die trotz relativ geringer Kalidüngung immer bei der Variante III_3 Höchstserträge brachten, dem Boden aber jeweils hohe Kalimengen entnehmen mußten. Auch Weizen brachte in dieser Variante wegen der hohen Stickstoffgabe im Höchstsertragsgebiet liegende Erträge.

Während in der Bilanz des Versuches mit den genannten Ausnahmen der Kalientzug höher war als die Düngung, ist interessanterweise auch bei Phosphat in einigen Varianten die Bilanz nur ausgeglichen oder sogar negativ. Allgemein ist die Phosphatbilanz in Düngungsversuchen positiv, da der Ausnutzungsgrad der Phosphorsäure oft nur etwa bei 15 % liegt. Hier ist der starke P-Entzug bei Hafer in der II. Rotation die Ursache, wo bei allen Varianten mehr entzogen wurde als gedüngt worden war.

Auch die Stickstoffbilanz ist oft negativ. Nur die Varianten mit der höchsten Stickstoffstufe zeigen positive Werte, beim Nährstoffverhältnis II auch die mittlere Staffel.

Abschließend ist festzustellen, daß sich, abhängig vom Nährstoffverhältnis in der Düngung unterschiedliche Nährstoffbilanzen auf diesem Standort ergeben. Das Nährstoffverhältnis der Gruppe I mit relativ hohen Kali- und Phosphatgaben im Vergleich zur Stickstoffdüngung hat zwar zu einer positiven Bilanz bei Phosphat geführt, die Kaligaben waren aber nur in der höchsten Staffel ausreichend. In den Gruppen II und III mit niedrigeren Phosphatgaben treten dann die schon beschriebenen ausgeglichenen oder negativen Bilanzen mit diesem Nährstoff auf. Kali ist nur beim kali-betonten Nährstoffverhältnis der Gruppe II in der hohen Staffel ausreichend gedüngt worden. Hingegen weist die Gruppe III mit vergleichsweise niedrigen Kali- und Phosphatgaben eine stark negative Bilanz an Kali auf. Die hier erzielten hohen Erträge, besonders bei Zuckerrüben, dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß der Bodenvorrat bei dieser Kombination stark angegriffen wird.

4.8. Nährstoffgehalte im Boden

Nach der Ernte 1971 wurde dem Boden bei allen Varianten eine Bodenprobe aus der Krume und dem Untergrund entnommen und auf Gesamtstickstoff, K_2O , P_2O_5 , Kohlenstoff und pH untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 33 mitgeteilt.

a) Krume

Die pH-Werte der Varianten schwanken mit relativ geringer Differenz zwischen 5,9 und 6,1. In den acht Jahren hat sich der gut gepufferte Boden in dieser Hinsicht nicht verändert. Bei dem K_2O -Gehalt zeigt die Variante Ko mit 21,6 mg/100g Boden den niedrigsten Wert. Dagegen weisen die Varianten mit der höchsten Düngergabe entsprechend höhere K_2O -Werte auf, wobei die I₃ mit 36,1 mg/100g Boden an der Spitze liegt. Wenn man davon ausgeht, daß zwischen der Variante ohne Kali

Tabelle 33

Nährstoffgehalte im Boden
1971

Variante	pH(KCl)	% C	mg/100g Boden			C/N
			N	K ₂ O	P ₂ O ₅	
U	5,9	1,60	164,41	23,2	26,5	10,3
Ko	6,0	1,67	177,23	21,6	26,8	10,6
Po	6,1	1,62	177,93	31,3	22,4	11,0
I ₁	6,0	1,68	175,13	30,0	27,1	10,4
I ₂	6,1	1,64	172,74	33,8	27,6	10,5
I ₃	6,1	1,69	174,15	36,1	28,9	10,3
II ₁	6,0	1,57	171,76	23,7	24,2	10,9
II ₂	6,0	1,68	173,59	30,7	24,9	10,3
II ₃	6,1	1,62	167,56	31,0	27,7	10,3
III ₁	6,0	1,59	175,83	25,9	24,9	11,1
III ₂	6,0	1,57	175,98	28,5	24,2	11,2
III ₃	6,1	1,64	176,88	28,5	25,2	10,8

Untergrund

U	6,0	1,37	113,90	13,4	8,5	8,3
Ko	6,1	1,37	118,03	12,0	5,2	8,6
Po	6,2	1,26	125,32	13,9	6,8	9,9
I ₁	6,2	1,12	126,65	12,4	6,0	11,3
I ₂	6,1	1,29	127,35	15,6	7,8	9,9
I ₃	6,2	1,22	123,29	14,4	8,6	10,1
II ₁	6,2	1,16	124,00	11,3	5,0	10,7
II ₂	6,1	1,17	120,84	12,9	5,7	10,3
II ₃	6,2	1,22	120,49	13,1	5,6	9,9
III ₁	6,1	1,18	122,24	12,8	5,1	10,3
III ₂	6,2	1,13	122,24	12,9	5,4	10,8
III ₃	6,2	1,17	115,58	12,1	5,8	9,9

und der Variante I₃ laut Nährstoffbilanz etwa eine Differenz von 1070 kg/ha K entsprechend 1280 kg/ha K₂O besteht, so wird diese Differenz von der chemischen Bodenuntersuchung auch aufgezeigt. Allerdings entfallen auf 1 mg pflanzenverfügbarem K₂O pro 100 g Boden ca. 88 kg/ha von den Pflanzen aufgenommenes K₂O. Rechnerisch liegt dieser Wert bei 30 cm Krumentiefe und einem Trockenraumgewicht von 1,5 nur bei 45 kg/ha.

Die P₂O₅-Werte liegen zwischen 22,4 mg bei der Po und 27,7 mg/100 g Boden bei der Variante II₃. Bei gleicher Überlegung wie bei Kali liegt hier zwischen den genannten Varianten eine Differenz von 5,3 mg P₂O₅/100 g Boden und eine Differenz in der Nährstoffbilanz von 273 kg/ha P entsprechend 628 kg/ha P₂O₅. Auf 1 mg "pflanzenverfügbares Phosphat" entfallen demnach ca. 118 kg/ha tatsächlich von den Pflanzen aufgenommenes Phosphat.

Die Stickstoff- und Kohlenstoffgehalte sind innerhalb der Varianten recht ausgeglichen. Allerdings ist in der unge düngten Variante mit 164 mg Gesamt-N zu den Werten der mit Stickstoff gedüngten Varianten von 172-178 mg pro 100 g Boden die fehlende N-Düngung zu erkennen. Das weitgehend für alle Varianten identische C:N-Verhältnis von 1:10,3-11,1 läßt keine Beeinflussung der Humusqualität nach der achtjährigen Versuchsdurchführung erkennen.

b) Untergrund

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung des Untergrundes liegen bei allen Nährstoffen naturgemäß niedriger. Sie lassen keine so deutliche Beeinflussung der Werte durch die Düngung wie die Krume erkennen.

5. Diskussion der Ergebnisse

Wie in der Einleitung dieser Arbeit erwähnt, liegen zahlreiche Literaturangaben über die Beziehungen zwischen Nährstoffverhältnis in der Düngung und dem Pflanzenenertrag vor. Gewisse Wirkungen sind auch auf die Größen Nährstoffentzug, scheinbare Nährstoffverwertung und Nährstoffbilanz beschrieben worden. Es wurde nachgewiesen, daß bei unterschiedlicher Intensität der Düngung jeweils ein anderes Nährstoffverhältnis zu Höchstserträgen führte und deshalb als optimales Nährstoffverhältnis bezeichnet werden kann. Diese Tatsache deutet schon an, daß viele Faktoren an der Ertragsbildung beteiligt sind und daß nicht generell ein engbegrenztes Nährstoffverhältnis unter verschiedenen Voraussetzungen als optimal gelten kann. Die vorliegende Versuchsreihe liefert einen Beitrag zu der Frage des Nährstoffverhältnisses bei verschiedener Düngung in der Fruchtfolge Zuckerrüben-Winterweizen-Sommergerste-Hafer. Bei einer zweimaligen Rotation dieser Fruchtfolge ergeben sich von der Witterung her große Unterschiede, so daß deren Einfluß auf einige für den Nährstoffhaushalt wichtige Größen ebenfalls untersucht werden konnte.

Die Nährstoffverhältnisse in der Düngung waren so gewählt, daß einmal relativ hohe Kali- und Phosphatgaben (Gruppe I), einmal relativ hohe Kaligaben und niedrige Phosphatgaben (Gruppe II) und schließlich relativ geringe Kali- und Phosphatgaben (Gruppe III) im Vergleich zur Stickstoffdüngung zur Anwendung kamen. Diese Nährstoffverhältnisse wurden in drei Intensitätsstufen verabreicht. Drei Mangelvarianten, ungedüngt, Ko und Po dienten dazu, das Nährstoffnachlieferungsvermögen des Bodens zu ermitteln.

Die Wirkung des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf den Ertrag hängt mit vom Nährstoffgehalt des Bodens und der Mobilität dieser Nährstoffe ab. Wirkungen der gedüngten Nährstoffe können dadurch überdeckt werden. Bei dem untersuchten Standort handelt es sich um einen mit Kali und Phosphat hoch versorgten schweren Aueboden in gutem Bodenfruchtbarkeitszustand. Es war daher zu erwarten, daß bezüglich der Ertragsbildung keine größeren Unterschiede zwischen den Düngungsstufen gleicher Intensität auftraten. Trotzdem ist, wie in den Abbildungen 5 und 6 noch einmal übersichtlich dargestellt wurde, ein deutlicher Einfluß nicht nur bei den Gesamterträgen, sondern auch bei den Rüben- und Kornerträgen nachweisbar. Die hier aufgezeigten Unterschiede können wirtschaftlich interessant sein. Der Abstand im Ertragsniveau bei jeweils gleicher Stickstoffstaffel ist das Maß für die Wirkung der im bestimmten Verhältnis gedüngten Nährstoffe Kali und Phosphat.

So brachte die Variante III₃ in beiden Rotationen die höchsten Rübenerträge. Höchste Blatterträge ergab die Düngung der Variante I₃ mit einem höheren Anteil an Kalium und Phosphor (s.Tab.1, 2 u. 4). Dagegen wurde der Höchstertrag bei Rüben bei einem engeren Verhältnis von N:K:P erzielt. Allerdings liegen weitere Varianten mit wechselnder Stickstoffdüngung und teilweise höherem Kalianteil noch im Höchstertragsgebiet. Das Nährstoffverhältnis III (N:K:P wie 1:0,83:0,26) hat die Rübenerträge zugunsten der Blatterträge gefördert, das wird durch die höchsten Rübenproduktionsfaktoren bestätigt. Dagegen sind bei den kalibetonten Gruppen I und II die Blatterträge immer höher mit entsprechend niedrigen Rübenproduktionsfaktoren. Das zeigt einmal mehr, daß höhere Kaligaben bei Zuckerrüben fast vorwiegend zur Vergrößerung des Blattapparates verwendet werden. Die Differenzierung in der zweiten Rotation ist bei allgemein höheren

Abb.5

Rüben- und Kornerträge 1964 - 1967
1. Rotation

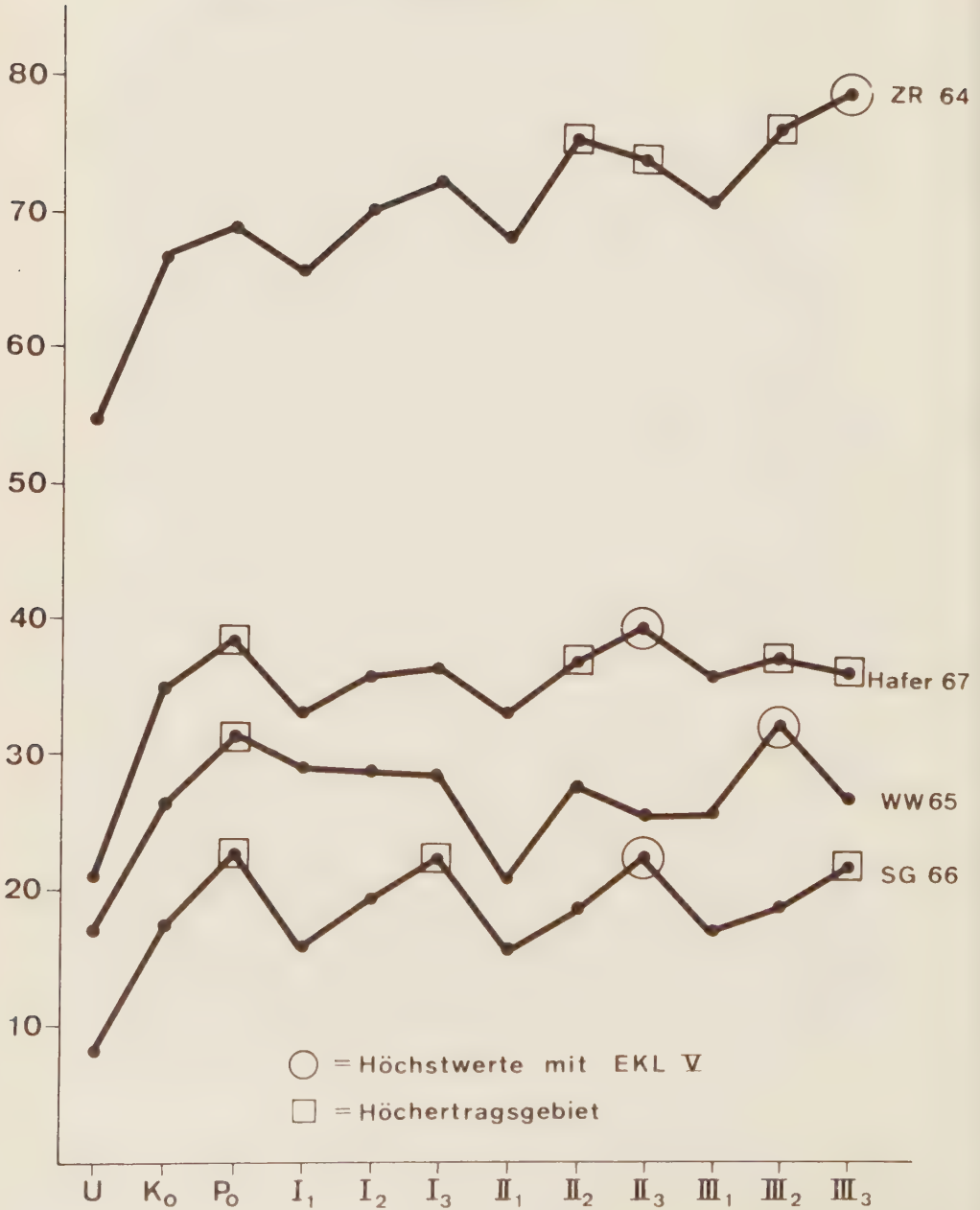
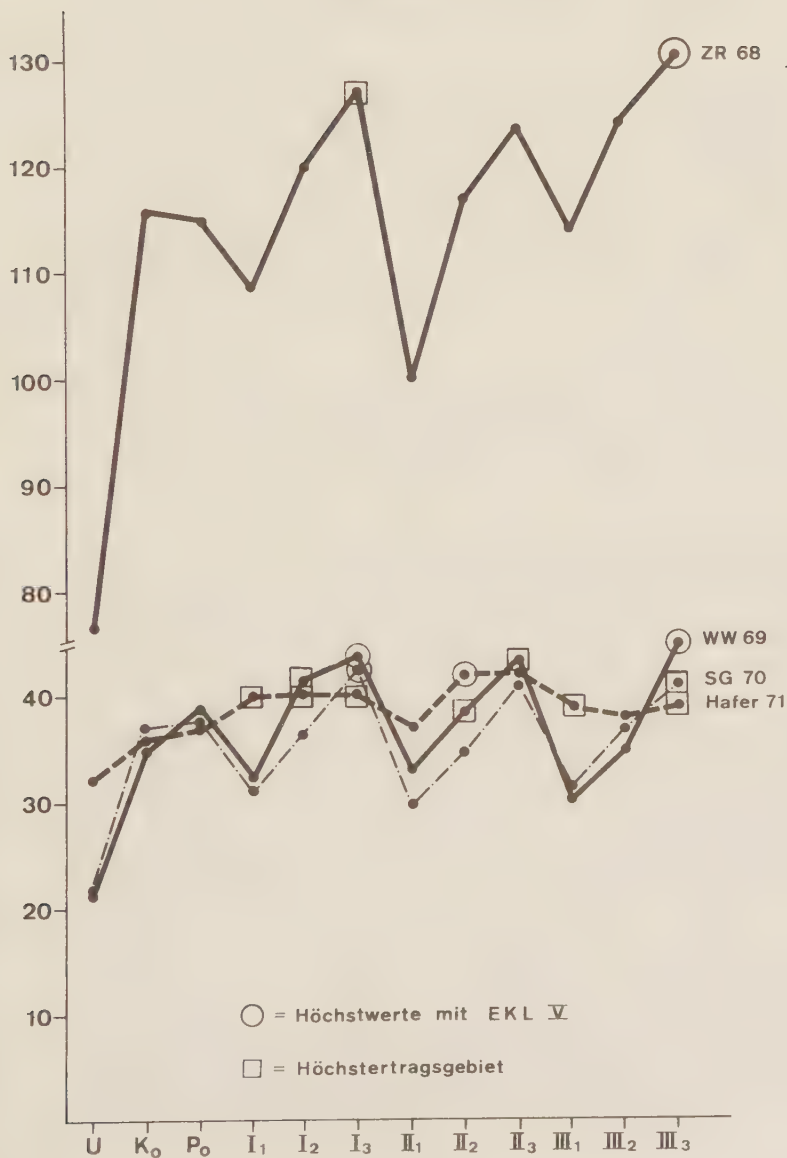


Abb. 6

Rüben - und Kornträge 1968 - 1971

2. Rotation



Erträgen wesentlich stärker, wobei die Stickstoffwirkung in den Vordergrund tritt.

Bei Winterweizen liegen ähnliche Verhältnisse vor. In beiden Rotationen wurde der Höchstertrag in der Gruppe III bei höchster bzw. mittlerer Stickstoffgabe geerntet. Die Variante I_3 mit höheren Kali- und Phosphatgaben erreicht in der zweiten Rotation denselben Ertrag. Auch bei Weizen macht sich das wesentlich höhere Ertragsniveau der zweiten Rotation sowohl im Höchstertragsgebiet als auch in der Stickstoffwirkung bemerkbar. So ist es erklärlich, daß 1965 noch bei Po das Höchstertragsgebiet erreicht werden konnte und teilweise Stickstoffdepressionen auftraten. Für Rüben- und Weizen- Kornenerträge wäre nach diesem Ergebnis das Nährstoffverhältnis der Gruppe III optimal.

Bei Sommergerste und Hafer werden die Höchsterträge in der Gruppe II bei der 1. Rotation und in Gruppe I während der 2. Rotation geerntet. Das bedeutet, daß in der 1. Rotation bei diesen beiden Pflanzenarten die Komponente Kalium und in der 2. Rotation zusätzlich der Faktor Phosphorsäure zunehmende Bedeutung haben. Besonders häufen sich die Erträge des Höchstertragsgebietes bei Sommergerste im Nährstoffverhältnis I, was den Phosphorsäurebedarf dieser Pflanze unterstreicht. Während in der 1. Rotation (Abb.5) bei allen Getreidearten die Variante Po mit im Höchstertragsgebiet lag, ist das ähnlich wie bei Weizen in der 2. Rotation nicht mehr der Fall, weil auch hier die Erträge wesentlich höher waren und der Nährstoffmangel in Erscheinung tritt. Der Hafer hingegen benötigt viel Kali, das leichter verfügbar ebenfalls in der Gruppe I vorliegt. Was den Nährstoffmangel anbetrifft, so kommt der Kalimangel (s.Ko) von Anfang an stärker zum Ausdruck als der Phosphorsäuremangel.

Der Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf die Nährstoffgehalte der Pflanze ist gering. Kleine Differenzierungen sind aber zu beobachten. So nimmt erwartungsgemäß der Stickstoffgehalt mit steigender Düngung in den Ertragskomponenten allgemein zu. Beim Kaligehalt gilt das ebenfalls besonders bei Rübenblatt und Haferstroh. Die Gehalte an weiteren Nährstoffen werden nicht in dem Maße durch die Düngung beeinflusst. Die Unterschiede bei den geprüften Nährstoffverhältnissen liegen meist in der Größe des Analysenfehlers.

Bei den vorliegenden Untersuchungen ergeben sich keine größeren Differenzierungen im Nährstoffgehalt durch ein variiertes Nährstoffverhältnis in der Düngung. Die aufgetretenen Wirkungen auf die Erträge sind demnach auch verantwortlich für die Unterschiede im Nährstoffentzug. So haben die Varianten mit höchstem Gesamtertrag auch allgemein den höchsten Nährstoffentzug oder es wird zumindest der Klassenwert V ausgewiesen, der ebenso wie das Höchstertragsgebiet berechnet wird. Eine gewisse Verschiebung ergibt sich, wenn Höchsterträge bei den Ertragskomponenten nicht mit dem höchsten Gesamtertrag zusammenfallen. So weist z.B. die Variante I_3 mit höchstem Blattertrag höhere Nährstoffentzüge mit Ausnahme von K auf als die Variante III_3 mit höchstem Gesamtertrag. Obwohl bei I_3 mehr Kali gedüngt wurde, war der Kalientzug bei III_3 infolge des hohen Rübenenertrages insgesamt höher.

Bei Weizen fallen höchste Nährstoffentzüge und Höchsterträge zusammen, zumindest haben Varianten mit im Höchstertragsgebiet liegenden Erträgen allgemein auch im Nährstoffentzug den Klassenwert V. Das bedeutet, daß auch die

Stroherträge im Höchstertragsgebiet lagen. Dasselbe gilt für Sommergerste und Hafer. Die Höhe des Nährstoffentzuges ist weitgehend vom Ertragsniveau abhängig, das mit zunehmender Düngung ansteigt. Die gefundenen Werte stimmen in der Größenordnung mit den in der Literatur angegebenen überein (v.GIERKE, 1957, AHLHEIM, 1965, OEHM, 1966).

Es war weiter die Frage zu prüfen, ob das Verhältnis der Nährstoffe in der Düngung einen Einfluß auf das Nährstoffstoffverhältnis in der Pflanze hat. Jede Fruchtart hat ein artspezifisches Nährstoffverhältnis in der Aufnahme, das aber durch Düngung und andere Umwelteinflüsse in gewissen Grenzen variiert werden kann. So liegen bei Zuckerrüben die Werte von N:K:P im Trockenjahr 1964 von 1:1,05:0,14 bei der Variante Ko bis 1:1,44:0,12 beim Höchstertrag der Variante III₃. Im feuchten Jahr 1968 streuen die Werte von 1:1,49:0,20 bei Ko bis 1:1,96:0,19 beim Höchstertrag in III₃. Die Jahreswitterung nimmt einen beachtlichen Einfluß auf das Nährstoffverhältnis, vor allem wurde wegen der besseren Durchfeuchtung erheblich mehr Kali aufgenommen. Das bestätigt die Untersuchungen von OEHM, 1966. Während sich bei den niedrigeren Intensitätsstufen keine Unterschiede aller drei geprüften Nährstoffverhältnisse ergeben, differenzieren sich die Werte in der höchsten Düngungsstufe. Das N:K:P-Verhältnis der ungedüngten Variante entspricht etwa dem der Variante mit dem Höchstertrag. Hieraus kann gefolgert werden, daß einerseits der Boden in einem allgemein guten Nährstoffzustand war und daß andererseits das als optimal bezeichnete Nährstoffverhältnis des Höchstertrages auch vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit als günstig bezeichnet werden kann.

Bei Getreide ist die Streuung der Werte im Nährstoffverhältnis zwischen den Varianten nicht mehr so groß wie bei

Zuckerrüben. Bei Winterweizen ergeben sich in beiden Versuchsjahren kaum Unterschiede zwischen den Varianten, auch die Mangelvarianten zeigten keine wesentliche Abweichung. Mit zunehmender Düngung verengt sich das N:K-Verhältnis, das N:P-Verhältnis wird weiter. Bei Sommergerste ist das N:K-Verhältnis generell weiter als bei Weizen, das N:P-Verhältnis ist etwa identisch dem des Weizens. Die vorstehend beschriebenen Tendenzen gelten auch hier. Hafer zeigt dagegen eine wesentlich höhere Kaliumaufnahme mit weitem N:K-Verhältnis, das von der Witterung stark beeinflusst ist. Während 1967 Werte etwa im Mittel bei 1:1,62:0,38 liegen, sind 1971 mit 1:2,14:0,41 relativ höhere Kali- und Phosphatmengen aufgenommen worden. Das veranschaulicht den hohen Nährstoffbedarf dieser Pflanze. Die Varianten mit dem Höchstertrag haben das weiteste N:K-Verhältnis.

Das für jede Fruchtart charakteristische Nährstoffverhältnis ist durch Witterungseinflüsse weit mehr zu verändern als durch variierte Düngung, was die Ergebnisse von OEHM und AHLHEIM erneut bestätigen.

Die scheinbare Nährstoffverwertung nimmt mit steigendem Nährstoffangebot ab (v. BOGUSLAWSKI, 1954). Das geht auch aus den ermittelten Werten dieser Arbeit hervor, wo mit wenigen Ausnahmen mit zunehmender Düngungsintensität und Nährstoffaufnahme eine Abnahme der scheinbaren Verwertung der Nährstoffe einhergeht. Der Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung ist gering. Die beste Verwertung ist naturgemäß in den Mangelvarianten anzutreffen. Beim Nährstoffverhältnis der Gruppe III mit niedrigeren Kali- und Phosphatgaben zeigt sich in einigen Fällen, besonders beim Weizen, die beste Verwertung der Nährstoffe. Diese

beste Verwertung, d.h. die höchste TS-Produktion je Einheit aufgenommenem Nährstoff ist aber nie in Varianten mit dem Höchstertrag zu finden und nur in wenigen Fällen bei im Höchstertragsgebiet liegenden Varianten. Der Einfluß der Jahreswitterung ist auch hier nachweisbar. Im feuchten Jahr ist die scheinbare Verwertung von K und P schlechter. Diese Wirkungen sind größer als die der differenzierten Düngung.

Die achtjährige über zwei Rotationen der Fruchtfolge Zuckerrüben-Winterweizen-Sommergerste-Hafer führende Versuchsanstellung ermöglichte die Aufstellung einer Nährstoffbilanz, wobei Nährstoffentzug und mineralische Düngung gegenübergestellt werden. Da das Stroh immer abgefahren wurde und keine organische Düngung gegeben wurde, werden in dieser Zusammenstellung die wesentlichen Faktoren der Nährstoffzufuhr erfaßt. Eine für die untersuchten Nährstoffe N K P positive Bilanz ergab sich nach acht Jahren nur bei den Varianten I₃ und II₃. Obwohl beide Varianten in Getreidejahren Höchsterträge brachten, ist hier der Bodenvorrat an Nährstoffen nicht angegriffen. Von einer wesentlichen Abweichung kann allerdings nur bei dem Faktor Phosphor in I₃ gesprochen werden, worin sich der höhere P-Anteil in der Düngung auswirkt.

Diese Zahlen ergeben sich rechnerisch, die Bodenuntersuchung erfaßt diese Werte nicht. In allen anderen Fällen ergeben sich bei einem oder mehreren Nährstoffen Unterbilanzen, besonders häufig bei Kali und bei Stickstoff. Die Nachlieferung von 445 kg/ha N, 664 kg/ha K und 134 kg/ha P in der ungedüngten Variante bzw. 920 kg/ha K in der Variante Ko und 197 kg/ha P in der Variante Po in acht Jahren bestätigt wiederum das Kriterium für einen fruchtbaren Boden. Bemerkenswert ist das negative Ergebnis der Kalibilanz der Serie III mit dem geringeren Kalianteil in der Düngung, obwohl hier teilweise die Höchsterträge (Zuckerrüben und

Winterweizen) erzielt wurden. Erwartungsgemäß wirken sich die höheren Erträge der 2. Rotation stärker auf die Endbilanzen aus als die niedrigeren Erträge der 1. Rotation.

Betrachtet man das Gesamtergebnis des Versuches von der Gewinn- und Verlustrechnung der Nährstoffe her, so wäre für diesen Standort eine Düngung im Nährstoffverhältnis der Gruppe I oder II bei der hohen Intensitätsstufe optimal, da der Bodenfruchtbarkeitszustand durch Anreicherung der Nährstoffe im Boden verbessert wird. Es erscheint aber objektiver zu sein, die produzierte Trockensubstanz während der Versuchsdauer als Maß zu wählen. Dabei zeigt sich, daß die Variante III₃ mit 834,3 dz/ha das beste Ergebnis aufweist, gefolgt von der Variante I₃ mit 826,6 dz/ha (Tab.34)

Tabelle 34

Summe der Gesamterträge des Versuches und Häufigkeit der Ertragsklassen in acht Versuchsjahren

Variante	Rüben u Getreide	Getreide	Ertragsklassen				
	I		II	III	IV	V	
U	482,0	286,5	7	1	-	-	-
Ko	708,4	435,4	-	1	5	2	-
Po	761,5	483,5	-	-	3	3	2
I ₁	707,8	439,6	-	2	2	4	-
I ₂	765,4	474,8	-	-	1	5	2
I ₃	826,6	516,9	-	-	-	-	8
II ₁	671,0	415,3	-	3	3	2	-
II ₂	756,0	466,5	-	-	4	1	3
II ₃	790,4	487,8	-	-	2	1	5
III ₁	701,6	442,0	-	2	3	2	1
III ₂	784,7	490,7	-	-	2	3	3
III ₃	834,3	519,1	-	-	-	-	8

Beide Varianten liegen in allen Versuchsjahren mit den Erträgen im Höchstertragsgebiet. Die Variante II₃ fällt dagegen mit 790,4 dz/ha ab. Diese Tendenz ist auch bei den niedrigeren Intensitätsstufen zu beobachten. Das heißt, daß ein K:P-Verhältnis von 1:0,30, wie es in den Gruppen I und III vorliegt, höhere Erträge bringt als das K:P-Verhältnis von 1:0,20 der Gruppe II. Diese Tatsache beruht nicht allein auf den Rübenenerträgen, die teilweise größere Ausschläge zeigten, sondern ist auch bei den Getreideerträgen zu erkennen. Eine Erklärung dieses Phänomens müßte in Aufnahmemechanismen der Pflanze und in physiologischen Wirkungen der Nährstoffe in der Pflanze zu suchen sein.

Abschließend ergibt sich die Frage nach dem optimalen Düngeraufwand und damit der optimalen Bewirtschaftung des vorliegenden Standortes. Vom Standpunkt der Ertragsbildung und insbesondere der erzielten Höchsterträge von Rübenkörper und Korn ist das Nährstoffverhältnis III mit der höchsten Stickstoffstufe als das günstigste zu bezeichnen. Aus Tabelle 3⁴ ist jedoch ersichtlich, daß neben der Kombination III₃ die Kombination I₃ die höchsten TM-Erträge (Rübe + Blatt, Korn + Stroh) liefert. In allen acht Fällen wird in den beiden Kombinationen die Ertragsklasse V erreicht, während in den übrigen Kombinationen eine mehr oder weniger starke Streuung in der Ertragsklasse festzustellen ist. Die Kalimangelparzellen liegen in der Gesamtmasse in derselben Höhe wie die niedrigeren Stickstoffstufen der drei Kombinationen, worauf die stark negative Bilanz der Ko-Variante beruht. Obwohl es sich um einen anderen Bodentyp handelt, erreicht die Nachlieferung in der ungedüngten und Ko-Variante ähnliche Größenordnung wie bei Lößböden (v.BOGUSLAWSKI u.LACH).

Die Bilanzwerte über beide Rotationen fallen eindeutig zugunsten des Nährstoffverhältnisses I und insbesondere der Stufe I_3 aus. Damit kommen wir zu dem Schluß, daß vom Standpunkt der gleichzeitigen Berücksichtigung von Ertragsbildung und Bodenfruchtbarkeit dem Nährstoffverhältnis I mit der Stufe I_3 gegenüber der Kombination III_3 der Vorzug zu geben ist. Das gleichfalls in der Nährstoffbilanz besser als III abschneidende Nährstoffverhältnis II scheidet im Vergleich vom Standpunkt der Ertragsbildung her aus.

Die Schlußfolgerung von der besseren Bewertung des Nährstoffverhältnisses I wird noch dadurch unterstrichen, daß die Erträge der 1. Rotation wesentlich niedriger lagen wie diejenigen der 2. Rotation, so daß bei einem höheren Ertragsniveau ähnlich demjenigen der 2. Rotation die negativen Bilanzen der Serie III noch deutlicher in Erscheinung treten müssen.

6. Zusammenfassung

1. In einem achtjährigen über zwei Rotationen der Fruchtfolge Zuckerrüben-Winterweizen-Sommergerste-Hafer laufenden Versuch auf alluvialem Lehm mit hoher Nährstoffversorgung wurde geprüft, welchen Einfluß das Nährstoffverhältnis in der Düngung bei steigender Düngungsintensität auf den Pflanzenenertrag, den Nährstoffgehalt in der Pflanze, den Nährstoffentzug, das Nährstoffverhältnis im Entzug, die scheinbare Nährstoffverwertung und auf die Nährstoffbilanz hat.
2. Die Untersuchungen wurden bei drei Nährstoffverhältnissen in der Düngung vorgenommen, die einmal relativ hohe Kali- und Phosphatgaben, einmal hohe Kali- und niedrigere Phosphatgaben und schließlich niedrigere Kali- und Phosphatgaben im Vergleich zur Stickstoffgabe enthielten. Diese Nährstoffverhältnisse wurden in jeweils 3 Intensitätsstufen gedüngt. Mangelvarianten dienten zur Feststellung des Nährstoffnachlieferungsvermögens des Bodens.
3. Während die maximalen Erträge von Rübenkörper und Weizenkorn bei höchster Stickstoffgabe und geringerem Anteil von Kali und Phosphor geerntet wurden, muß der Kali- und Phosphoranteil für die Höchsterträge von Blatt höher sein. Sommergerste und Hafer reagierten besser auf höhere Kali- und Phosphatgaben.
4. Der Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf den Nährstoffgehalt der Pflanze, auf den Nährstoffentzug und die scheinbare Nährstoffverwertung war gering und wurde von Witterungseinflüssen überdeckt.

5. Das Nährstoffverhältnis in der Pflanzenart ist durch variierte Düngung nur in engen Grenzen zu verändern, Jahreseinflüsse zeigen eine größere Wirkung.
6. Die Nährstoffbilanz nach 8 Versuchsjahren ist auf dem geprüften Standort nur bei Varianten mit hoher Kali-düngung bei allen drei Hauptnährstoffen ausgeglichen. Der hohe Bodenfruchtbarkeitszustand des Bodens ermöglicht teilweise Höchsterträge durch das Nährstoffnachlieferungsvermögen auch bei Varianten mit negativen Bilanzen.
7. Alle Befunde wurden stark beeinflusst durch die Tatsache, daß das allgemeine Ertragsniveau in der 1. Rotation niedriger war, während es in der 2. Rotation bei den geprüften Pflanzenarten hohe Erträge brachte. Die Ursache ist in Witterungseinflüssen zu suchen, welche sich auch direkt auf die Nährstoffaufnahmen auswirkten.
8. Die Diskussion zeigt, daß die Ergebnisse eine wesentliche Grundlage für die Düngerberatung im praktischen Pflanzenbau liefern.

7. Literaturübersicht

- AHLHEIM, W.: Nährstoffentzüge und Nährstoffbilanzen bei Ackerkulturen im Südhessischen Raum. Diss. Gießen (1965)
- ACHTNICH, W.: Der Einfluß zeitlich variierter Nährstoffgaben auf den Ertrag bei Gerste und Hafer. Z.f. Acker- u. Pflanzenbau, 92, 273-293 (1955)
- ANSORGE, H.: Untersuchungen über die zeitliche Nährstoffaufnahme von Winterweizen und Sommergerste bei langjährig unterschiedlicher Düngung. Albrecht-Thaer-Archiv, Bd.7 (1963), S.21-42
- ANSORGE, H.: Nährstoffaufnahme und Nährstoffbilanzen im "Statistischen Düngungsversuch" Lauchstädt nach 60jähriger Versuchsdauer. 3. Mitt: Kali Albrecht-Thaer-Archiv, 10, Heft 3, 259-277 (1966)
- BLANK, E. u. W. HENKESHOVEN: Ein Beitrag zur Frage nach dem Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf Hafer und Gerste. Journal für Landwirtschaft 82,61, 37-58 (1934)
- BLANK, E., W. HENKESHOVEN u. H. SCHORSTEIN: Ein zweiter Beitrag zur Frage nach dem Einfluß des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf Hafer und Gerste. Journal für Landwirtschaft 84, 37-58 (1936)
- BOGUSLAWSKI, E.v.: Nährstoffentzüge durch verschiedene Sommerzwischenfrüchte. Zeitschr.: Die Ernährung der Pflanze 34, 13/14, 225-226 (1938)
- BOGUSLAWSKI, E.v.: Die Ertragsflächenmethode zur gegenseitigen Abstufung von 2 Wachstumsfaktoren im Feldversuch. Pflanzenbau 18, 129-149 (1942)
- BOGUSLAWSKI, E.v.: Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren bei der Ertragsbildung. Z.f.Acker- und Pflanzenbau, 98, 145-186 (1954)
- BOGUSLAWSKI, E.v.: Der Gefäßversuch zur Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. International Society of Soil Science Transactions, Vol.II, Dublin, July 1952

- BOGUSLAWSKI, E.v.: Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren und die Komplexwirkungen. Vorträge für Pflanzenzüchter, DLG Verlag, Heft 9, 3-4 (1965)
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. K.v. GIERKE: Neue Untersuchungen über den Nährstoffentzug verschiedener Kulturpflanzen. Z.f.Acker- und Pflanzenbau, 112, 226-251 (1961)
- BOGUSLAWSKI, E.v., A. VÖMEL u. G. REICHELT: Nährstoffverhältnis in der Düngung und Ertragsbildung. Z.f.Acker- und Pflanzenbau, 97, 267-298 (1953)
- BOGUSLAWSKI, E.v., N. ATANASIU u. R. ZAMANI: Nährstoffaufnahme und Nährstoffverhältnis im Laufe der Vegetation bei Zuckerrüben. Z.f. Zucker. 14.Jahrg., Heft 16/17 (1965)
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. JACOB: Ruhrstickstoff, Fastzahlen für die Landwirtschaft. 4. Aufl., 130 (1957)
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. K. BRADE: Nährstoffaufnahme und Nährstoffverhältnis bei den wichtigsten landw. Kulturpflanzen. Diplomarbeit Gießen 1957/58
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. P. TAYIDI: Nährstoffentzug der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Diplomarbeit Gießen, 1961/62
- BOGUSLAWSKI, E., P. LIMBERG u. B. SCHNEIDER: Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der Ertragsbildung. Z.f. Acker- und Pflanzenbau, 116, 231-256 (1963)
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. E. BRAUER: Der Nährstoffentzug bei Stoppelsaaten. Referendararbeit Gießen, 1963
- BOGUSLAWSKI, E.v., N. ATANASIU u. K. SHAABAN: Nährstoffaufnahme, Nährstoffentzug, Nährstoffbedarf und Ertragsleistung von Sorghum-Hirschen (*Sorghum vulgare* var. *sacch.* u. var. *techn.*) unter gemäßigten Klimabedingungen. Z.f.Acker- und Pflanzenbau, 112, 251-266 (1965)
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. M. BOZORGZADEH: Das Nährstoffverhältnis in der Pflanze und Berücksichtigung desselben in der Düngung. Diplomarbeit Gießen, 1971
- BOGUSLAWSKI, E.v. u. G. LACH: Die K-Nachlieferung des Bodens im Pflanzenexperiment im Vergleich mit dem austauschbaren Kalium. Z.f.Acker- u. Pflanzenbau, 134, 135-163 (1971)

- BRAUNWELL, W.: Untersuchungen über das Nährstoffverhältnis bei Zucker- und Futterrüben.
Diss. Gießen, 1956
- BUCHNER, A.: Betrachtungen zum Nährstoffverhältnis der Mineraldüngung, dargestellt am Getreide.
Plant and Soil VII, 301-326 (1956)
- BUSSLER, W.: Erfahrungen mit der "Methode der systematischen Variation nach Holmes" zur Ermittlung eines optimalen Nährstoffverhältnisses für die Düngung der Pflanzen. Z.f.Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. 113,3, 236-246 (1966)
- BUSSLER, W.: Optimale Nährstoffverhältnisse für die Pflanze. Z.f.Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., 113,3, 247-252 (1966)
- EHRENDORFER, K.: Untersuchungen über Angebot und Aufnahme der Hauptnährstoffe. Z.f. Acker- und Pflanzenbau, 105, 301-328 (1958)
- FAUST, H.: Nährstoffbilanz und Düngemittelausnutzung bei einjährigen Pflanzen.
Die Phosphorsäure 21, 188-199 (1961)
- FAUST, H.: Untersuchungen über die Mineralstoffangabe einjähriger Pflanzen. Z.f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., 20, 8 (1960)
- GERICKE, S.: Die Düngewirkung der Phosphorsäure bei verschiedener Stickstoffernährung der Pflanzen.
Bodenk. u. Pflanzenern. 22 (77), 223 (1943)
- GERICKE, S.: Düngungsversuch und Nährstoffbilanz des Bodens. Z.f.Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. 51, 235-246 (1950)
- GERICKE, S.: Nährstoffbilanzen. Landwirtschaftliche Forschung XX, Heft 4, 213-220 (1967)
- GIERKE, K.v.: Nährstoffentzug und Nährstoffverhältnis bei verschiedenen Kulturpflanzen.
Diss. Gießen, 1957
- HERMANN, E.W.: Feldversuche zur Prüfung der Wirkung einer jährlichen PK-Düngung und einer Vorausdüngung für 2 Jahre. Die Phosphorsäure 23, 295-300 (1963)
- HOFFMANN, E. u. H. AIGNER: Nährstoffentzug, -verwertung und -verhältnis in Abhängigkeit von verschiedener Düngung. Bayer. Landw. Jahrbuch 42, 141-156 (1965)

- HOMES, M.V.: L'alimentation minérales des plantes et le probleme des engrais chimiques.
Editions Sciences et Lettres, Liège 1953
- HONCAMP, F.: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre. Düngemittel und Düngung I, Bd.II, Berlin 1931
- ITALLIE, T.B.van: Verlauf der Stickstoff-Phosphorsäure- u. Kaliumaufnahme verschiedener Feldgewächse. Die Ernährung der Pflanze 35, 79-83 (1939)
- ITALLIE, T.B. van: De Natrium- en Kaliumopname by verschillende Bietenrassen. Verst. van Landbouwk, Onderzoekingen 43, 721-766 (1937)
- JACOB, A.: Bodenuntersuchung und Nährstoffbilanz. Z.f. Bodenk. u. Pflanzenern. 12, 231-247 (1938)
- KHOSSUSSI, M.: Die Wirkung der Nährstoffmenge und des Nährstoffverhältnisses in der Düngung auf den Ertrag und die Nährstoffaufnahme von Sommergerste. Diss. Gießen, 1962
- KÖHNLEIN, J.: Ertragssteigerung, Nährstoffbilanz und Bodenuntersuchungsergebnisse in statistischen Feldversuchen mit steigenden Phosphorsäure- und Kaligaben. Z.f. Acker- und Pflanzenbau 104, 229-256 (1957)
- KÖHNLEIN, J. u. N. KNAUER: Versuchsergebnisse 7. Mitt. Einfluß der K- und P-Düngung auf den Nährstoffentzug durch die Kulturpflanzen. Schriftenr. Landwirtschaftl. Fak. Univ. Kiel, Nr. 39, 86-96 (1965)
- LIEBSCHER, G.: Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngungslehre. J.f. Landwirtschaft 35, 335-518 (1887)
- LIMBERG, P.: Der Einfluß von Stickstoff auf Entwicklung und Ertragsbildung. Z.f. Acker- und Pflanzenbau 119, 119-137 (1964)
- LINSER, H., H. KÜHN u. A. KLINGST: Die Beziehungen zwischen Nährstoffentzug und Ertrag bei steigenden Nährstoffgaben. Die Bodenkultur A 13, 133-144 (1962)
- LÜDECKE, H. u. NITZSCHE: Über Nährstoffaufnahme, Nährstoffentzug und Nährstoffverhältnis unter Berücksichtigung der Zuckerbildung und des Reifezustandes bei verschiedenen Zuchtrichtungen der Zuckerrüben. Z. Zucker, Heft 10, 369-391 (1957)

- LUNDEGARDH, H.: Die Nährstoffaufnahme der Pflanze.
Fischer-Verlag Jena, 1932
- MENGEL, K.: Aufnahmeverlauf und Verteilung von Kalium und Kalzium in der höheren Pflanze. Kali-Briefe Fachg. 2. Folge 5, 1-6 (1961)
- MITSCHERLICH, E.A.: Das Ergebnis von über 27.000 Felddüngungsversuchen. Z.f.Pflanzenern., Düngung und Bodenk. 38 (83), 22-35 (1947)
- MITSCHERLICH, E.A.: Die Düngeberatung.
Niemeyer-Verlag Halle 1948
- MITSCHERLICH, E.A.: Die Ertragsgesetze. Dt. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Akademie-Verlag 1948
- MITSCHERLICH, E.A., E.v.BOGUSLAWSKI u. A. GUTTMANN: Studium über die Ernährung der Pflanze und die Ertragsbildung. Schriften der Königsberger Gelehrten-Gesellschaft 12. Jahrg., Heft 2 (1935)
- MOKHTARE, F.: Nährstoffaufnahme und Nährstoffverhältnis im Laufe der Vegetation bei Weizen.
Diss. Gießen, 1960
- NEUBAUER, H.: Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Paul Parey-Verlag, Berlin 1934
- OEHM, E.: Nährstoffaufnahme, Nährstoffverhältnis und Nährstoffbilanzen im Ackerbau der Waberner Senke. Diss. Gießen, 1966
- OPITZ, K., M. RATHSACK u. MORGENROTH: Über die Bedeutung des Nährstoffverhältnisses bei der Düngung mit mineralischen Düngemitteln. Z.f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. 4 (49), 210-234 (1937)
- PFEIFFER, Th. u. A. RIPPEL: Nährstoffaufnahme und Stoffzeugung bei der Gersten- bzw. Bohnenpflanze. J.f.Landwirtsch. 69, 127-162 (1921)
- POPP, F.: Untersuchungen über den Einfluß variierter Nährstoffgaben und -verhältnisse auf Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme und -ausnutzung.
Diss. Gießen, 1958
- RACKMANN, K.: Über Beziehungen zwischen Pflanzenwachstum, Boden und Nährstoffverhältnis in der Düngung. Z.f.Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., 4, 148-171 (1935)

- RACKMANN, K.: Zur Frage des optimalen Nährstoffverhältnisses in der Düngung. Z.f.Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., 7, 52-254 (1928)
- RACKMANN, K.: Düngen wir richtig? Agrikulturchem. Betrachtungen über aktuelle Düngungsfragen. Deutsches Druck- u. Verlagshaus Krug, Mannheim u. Leipzig, 1938
- REMY, Th.: Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und das Düngbedürfnis der Kulturgewächse. Die Ernährung der Pflanze, 14, 301-316 (1931)
- REMY, Th.: Beiträge zur Kultur wichtiger Nutzpflanzen. Landwirtsch. Jahrb. 43, 437-499 (1926)
- REMY, Th.: Düngung und Verlauf der Nährstoffaufnahme. Die Ernährung der Pflanzen 35, 129-132 (1939)
- REMY, Th. u. GELLER: Studien über Nahrungsbedarf und Nahrungsaufnahme der Zuckerrübe. Blätter für Zuckerrübenanbau, 273-281 (1909)
- RHEINWALD, H.: Praktische Düngerlehre für den landwirtschaftlichen Betrieb. Paul-Parey-Verlag Berlin, S. 12 u. 100-101 (1948)
- RÖMER, Th. u. F. SCHEFFER: Lehrbuch des Ackerbaues. Paul-Parey-Verlag Berlin, 1953
- RUHARA, B.: Vergleichende Untersuchungen über die Düngung, Nährstoffaufnahme, Nährstoffverhältnisse und die Produktivität auf Standorten des Vogelberges. Diss. Gießen, 1971
- SCHARRER, K.: Agrikulturchemie I, Pflanzenernährung. Sammlung Göschen 329, 52 u. 96 (1953) Berlin
- SCHMALFUß, K.: Pflanzenernährung und Bodenkunde. Leipzig, S. 204 u. 249-262 (1947)
- SCHNEIDEWIND, W.: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Paul-Parey-Verlag Berlin, 1928
- SELKE, W.: Die Düngung. Deutscher Bauernverlag Berlin, S. 122 (1955)
- SELKE, W.: Fragen der Düngung. Z.f.Landw. Versuchs- u. Untersuchungswesen 1, 556-581 (1955)

- STUTZER, A.: Düngerlehre.
Leipzig, S.171-172 (1906)
- TAGHIZADEH, A.: Die Wirkung der Düngung und des Nährstoff-
verhältnisses in der Düngung auf den Ertrag
und die Nährstoffaufnahme bei Ölkürbis
"Cucurbita pepo", Diss. Gießen, 1967
- TUCHLENSKI, H.: Methodische Untersuchungen zur Ertrags-
bildung bei Getreide. Diss. Gießen, 1955
- WAGNER, P.: Anwendung künstlicher Düngemittel.
Berlin 1920, S.185
- WALTER, H.: Klima-Diagramme als Grundlage zur Feststellung
von Dürrezeiten. Z.f.Wasser und Nahrung
S.42-50 (1956)
- WOLFF, E.: Wolff's Düngerlehre - Gemeinverständlicher
Leitfaden der Agrikulturchemie.
Berlin 1920 S.90-91
- WÜSTENHAGEN, Ch.: Zur Ertragsbildung und Nährstoffaufnahme
in Abhängigkeit von der Düngung und dem Nähr-
stoffverhältnis. Diss. Gießen 1959
- ZAMANI, R.: Nährstoffaufnahme und Nährstoffverhältnis im
Laufe der Vegetation bei Zuckerrüben.
Diss. Gießen, 1960

Anhang

	1964		1965		1966		1967		1968		1969		1970		1971	
	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.	Temp.	Nied. schl.
Jan.	-2,6	10,9	1,7	95,8	-2,3	39,4	1,7	31,8	-0,6	52,3	1,8	29,3	-1,8	52,4	-1,7	32,3
Febr.	1,6	24,0	0,5	16,1	4,2	63,7	3,7	35,5	1,4	53,6	-1,6	35,1	-0,3	85,0	2,4	18,6
März	1,6	30,2	3,5	46,1	4,1	51,3	5,8	60,4	4,8	41,6	2,3	40,3	2,5	37,4	1,8	9,7
April	8,8	38,2	7,4	61,2	9,8	83,1	7,4	29,8	7,4	41,7	7,9	45,9	6,4	58,9	9,1	30,7
Mai	14,0	38,7	12,3	39,8	13,6	49,3	12,8	99,6	12,8	45,2	13,3	61,0	12,5	39,8	14,7	56,7
Juni	17,2	22,3	16,2	78,7	17,0	102,4	15,3	53,5	15,3	72,3	15,1	48,5	17,4	44,9	14,3	108,8
Juli	18,8	23,1	15,5	115,0	15,7	151,9	19,0	36,9	16,8	114,5	19,1	27,4	16,5	83,8	18,6	14,3
Aug.	16,6	37,8	15,1	71,2	16,1	42,9	16,7	89,3	16,7	96,3	17,3	138,6	17,4	36,4	17,9	59,3
Sept.	13,6	41,8	12,4	40,4	13,5	25,1	13,8	82,4	14,1	104,1	13,6	26,0	13,5	42,5	12,6	17,2
Okt.	7,4	47,6	7,5	11,2	11,7	80,3	11,3	59,7	8,3	39,6	9,9	11,4	9,9	53,5	8,3	32,4
Nov.	5,7	73,6	1,7	70,9	2,5	57,1	3,7	44,1	1,8	20,7	5,6	63,0	5,8	36,3	3,7	66,0
Dez.	0,8	32,6	3,7	148,6	2,9	123,3	4,3	69,9	-2,9	31,8	3,6	14,9	0,7	42,2	3,8	15,2

[illegible]

Körper

Körper Variante	Ertrag dz/ha	Zucker üben 1964					Nährstoffverhältnis im Entzug							
		N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	55,1	34,9	46,3	7,90	8,50	12,1	2,30	U	1	1,26	0,21	0,23	0,33	0,06
Ko	67,1	49,7	56,4	9,11	11,4	14,8	3,21	Ko	1	1,13	0,18	0,23	0,30	0,06
Po	69,2	53,4	62,3	8,92	11,8	15,1	2,62	Po	1	1,16	0,17	0,22	0,28	0,05
I 1	65,7	50,7	64,3	8,96	10,1	13,6	2,80	I 1	1	1,26	0,18	0,20	0,27	0,05
I 2	70,6	57,5	59,3	9,41	13,1	15,1	3,50	I 2	1	1,02	0,16	0,23	0,27	0,06
I 3	72,7	61,1	73,4	10,8	10,8	15,0	3,91	I 3	1	1,19	0,18	0,17	0,25	0,06
II 1	68,5	52,8	67,1	9,31	10,5	14,2	2,92	II 1	1	1,26	0,17	0,19	0,26	0,05
II 2	76,2	62,1	64,0	10,1	14,2	16,4	3,80	II 2	1	1,02	0,17	0,22	0,28	0,06
II 3	74,8	62,9	75,5	11,1	11,1	15,4	4,00	II 3	1	1,19	0,18	0,18	0,26	0,06
III 1	71,3	55,0	69,9	9,72	10,9	14,8	3,02	III 1	1	1,25	0,18	0,20	0,27	0,05
III 2	77,0	62,8	64,7	10,2	14,3	16,6	3,91	III 2	1	1,03	0,16	0,23	0,27	0,06
III 3	79,8	67,1	80,5	11,9	11,8	16,4	4,20	III 3	1	1,20	0,18	0,17	0,25	0,06

Blatt

U	29,5	46,6	63,4	5,40	26,4	32,4	54,6	U	1	1,36	0,12	0,37	0,70	1,17
Ko	36,5	67,2	67,2	7,11	33,0	38,3	75,9	Ko	1	1,00	0,11	0,49	0,57	1,13
Po	36,5	62,8	79,9	6,12	29,4	35,6	58,4	Po	1	1,27	0,10	0,47	0,57	0,93
I 1	40,4	70,3	99,0	7,40	37,1	40,4	69,9	I 1	1	1,40	0,11	0,53	0,57	0,99
I 2	43,1	79,3	113	8,02	40,1	41,3	83,2	I 2	1	1,34	0,10	0,48	0,49	0,99
I 3	46,2	105,3	169	9,81	47,6	53,1	111	I 3	1	1,60	0,09	0,45	0,50	1,05
II 1	36,9	64,2	90,4	6,81	33,9	36,9	63,8	II 1	1	1,41	0,10	0,52	0,56	0,98
II 2	40,4	78,4	105	7,50	37,8	38,7	78,0	II 2	1	1,33	0,11	0,49	0,50	0,98
II 3	40,7	92,8	148	8,60	41,9	46,8	97,7	II 3	1	1,60	0,09	0,46	0,50	1,05
III 1	35,7	62,1	87,5	6,61	32,8	35,7	61,8	III 1	1	1,40	0,11	0,53	0,57	0,99
III 2	35,7	69,3	93,2	6,61	33,2	34,2	68,9	III 2	1	1,34	0,10	0,48	0,49	0,99
III 3	44,6	101,7	163	9,50	45,9	51,3	107	III 3	1	1,60	0,09	0,45	0,50	1,05

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse

Winterweizen 1965

K o r n		Nährstoffentzug kg/ha					Nährstoffverhältnis im Entzug							
Variante	Ertrag dz/ha	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	17,1	34,7	8,90	9,01	0,94	2,30	0,14	U	1	0,26	0,26	0,03	0,07	0,004
Ko	26,4	58,1	12,9	13,2	1,41	3,42	0,18	Ko	1	0,22	0,23	0,02	0,06	0,004
Po	31,5	70,6	15,5	15,8	1,70	4,31	0,28	Po	1	0,22	0,22	0,02	0,06	0,004
I 1	28,8	63,1	13,9	14,5	1,52	3,70	0,23	I 1	1	0,22	0,23	0,02	0,06	0,004
I 2	28,8	64,5	13,8	14,5	1,52	3,90	0,23	I 2	1	0,21	0,22	0,02	0,06	0,003
I 3	28,6	71,2	14,1	14,7	1,51	4,02	0,23	I 3	1	0,20	0,21	0,02	0,06	0,003
II 1	20,6	47,4	10,4	11,0	1,11	2,72	0,16	II 1	1	0,22	0,23	0,02	0,06	0,003
II 2	27,8	57,5	13,3	13,5	1,42	3,71	0,19	II 2	1	0,23	0,24	0,03	0,06	0,003
II 3	25,6	63,5	12,6	13,3	1,30	3,70	0,18	II 3	1	0,20	0,21	0,02	0,06	0,003
III 1	25,6	54,0	12,6	12,3	1,31	3,42	0,18	III 1	1	0,23	0,23	0,02	0,06	0,003
III 2	32,6	72,7	15,2	13,1	1,60	4,02	0,23	III 2	1	0,21	0,18	0,02	0,06	0,003
III 3	27,0	68,6	13,4	12,9	1,40	3,70	0,22	III 3	1	0,19	0,19	0,02	0,05	0,003

Stroh

U	33,6	11,8	34,6	4,30	4,70	1,40	0,27	U	1	2,94	0,37	0,40	0,12	0,02
Ko	48,5	16,0	50,0	4,81	7,51	1,12	0,39	Ko	1	3,12	0,30	0,47	0,07	0,02
Po	62,8	20,1	67,8	6,32	9,90	1,51	0,38	Po	1	3,37	0,32	0,49	0,07	0,02
I 1	53,4	16,0	41,8	5,71	8,01	2,60	0,43	I 1	1	3,00	0,35	0,50	0,16	0,03
I 2	55,1	19,8	60,1	6,02	7,72	1,92	1,00	I 2	1	3,02	0,30	0,39	0,09	0,05
I 3	68,9	28,2	85,4	7,90	10,1	3,01	1,20	I 3	1	3,02	0,28	0,36	0,10	0,04
II 1	45,2	14,0	45,7	4,62	5,91	1,71	0,72	II 1	1	3,23	0,33	0,42	0,12	0,05
II 2	46,8	14,5	41,1	4,61	6,02	1,52	0,66	II 2	1	2,83	0,32	0,41	0,10	0,05
II 3	52,3	20,9	60,7	6,42	9,02	2,50	0,84	II 3	1	2,90	0,31	0,43	0,12	0,04
III 1	61,2	17,7	45,9	5,90	8,01	1,31	0,73	III 1	1	2,58	0,33	0,45	0,07	0,04
III 2	65,6	21,0	63,3	6,51	7,90	1,40	0,98	III 2	1	3,01	0,31	0,37	0,07	0,05
III 3	68,3	26,6	79,9	6,60	10,1	1,70	0,82	III 3	1	3,00	0,25	0,38	0,06	0,03

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse
Sommergerste 1966

K o r n		Nährstoffentzug kg/ha						Nährstoffverhältnis im Entzug						
Variante	Ertrag dz/ha	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	8,2	13,9	5,40	4,30	0,60	0,96	0,10	U	1	0,39	0,31	0,04	0,07	0,007
Ko	17,2	28,9	10,6	8,90	1,20	1,91	1,70	Ko	1	0,37	0,31	0,04	0,06	0,06
Po	22,3	39,7	13,4	11,0	1,71	2,52	2,01	Po	1	0,34	0,28	0,04	0,06	0,06
I 1	15,7	26,1	9,61	7,91	1,11	1,80	1,41	I 1	1	0,37	0,30	0,04	0,07	0,05
I 2	19,2	31,7	11,3	9,42	1,32	2,21	1,80	I 2	1	0,36	0,30	0,04	0,07	0,06
I 3	22,3	41,0	13,6	12,0	1,70	2,90	2,12	I 3	1	0,33	0,29	0,04	0,07	0,05
II 1	15,7	25,9	9,60	8,11	1,12	1,91	1,51	II 1	1	0,37	0,31	0,04	0,07	0,06
II 2	18,5	31,1	10,7	9,01	1,30	2,11	1,60	II 2	1	0,34	0,29	0,04	0,07	0,05
II 3	22,5	38,0	11,3	10,4	1,40	2,52	2,02	II 3	1	0,30	0,27	0,04	0,07	0,05
III 1	17,0	26,9	9,81	8,82	1,22	2,02	1,41	III 1	1	0,37	0,33	0,05	0,07	0,07
III 2	18,8	29,9	10,3	9,40	1,31	2,31	1,80	III 2	1	0,34	0,31	0,04	0,08	0,06
III 3	21,8	36,6	11,7	10,9	1,60	2,70	2,30	III 3	1	0,32	0,30	0,04	0,07	0,06

S t r o h														
U	7,8	5,70	8,40	1,20	4,30	1,01	0,51	U	1	1,48	0,21	0,77	0,18	0,09
Ko	14,5	9,11	9,02	1,80	4,91	0,90	0,74	Ko	1	0,99	0,19	0,53	0,10	0,08
Po	15,1	8,32	14,7	1,52	4,31	0,38	1,01	Po	1	1,77	0,18	0,51	0,05	0,13
I 1	11,1	6,72	10,6	1,21	3,70	0,67	0,87	I 1	1	1,59	0,18	0,55	0,10	0,13
II 2	13,8	7,90	15,0	1,41	3,71	0,84	1,40	II 2	1	1,91	0,17	0,48	0,11	0,18
II 3	19,5	8,81	29,6	2,11	5,40	1,20	1,71	II 3	1	3,37	0,24	0,61	0,14	0,19
III 1	10,0	6,02	9,51	1,11	3,30	0,60	0,78	III 1	1	1,59	0,18	0,55	0,10	0,13
III 2	14,5	8,31	15,8	1,40	3,90	0,88	1,51	III 2	1	1,91	0,17	0,48	0,11	0,18
III 3	17,3	7,80	26,3	1,81	4,81	1,11	1,50	III 3	1	3,37	0,24	0,61	0,14	0,19
III 1	13,7	8,21	13,1	1,52	4,50	0,82	1,11	III 1	1	1,59	0,18	0,55	0,10	0,13
III 2	13,7	7,82	14,9	1,30	3,71	0,84	1,41	III 2	1	1,91	0,17	0,48	0,11	0,18
III 3	18,0	8,11	27,4	1,90	5,01	1,10	1,50	III 3	1	3,37	0,24	0,61	0,14	0,19

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse
H a f e r 1967

K o r n		Nährstoffentzug kg/ha					Nährstoffverhältnis im Entzug							
Variante	Ertrag dz/ha	N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	20,6	33,4	13,0	10,3	2,31	2,90	0,23	U	1	0,39	0,30	0,07	0,08	0,007
Ko	34,9	67,4	23,2	19,0	4,60	4,51	0,49	Ko	1	0,34	0,28	0,07	0,07	0,007
Po	38,7	76,6	24,2	20,6	4,81	4,41	0,50	Po	1	0,32	0,27	0,06	0,06	0,007
I 1	33,2	73,3	21,1	19,1	4,70	5,11	0,33	I 1	1	0,29	0,26	0,06	0,07	0,005
I 2	35,9	86,9	24,6	22,4	5,60	6,20	0,47	I 2	1	0,28	0,26	0,06	0,07	0,005
I 3	36,3	86,4	25,8	24,5	6,61	6,50	0,51	I 3	1	0,30	0,28	0,07	0,08	0,006
II 1	33,2	66,1	19,4	21,0	4,22	4,81	0,27	II 1	1	0,29	0,32	0,06	0,07	0,004
II 2	37,0	77,7	23,9	24,4	6,01	6,21	0,37	II 2	1	0,31	0,31	0,08	0,08	0,005
II 3	39,8	93,5	26,3	26,7	6,80	7,02	0,48	II 3	1	0,28	0,28	0,07	0,07	0,005
III 1	36,2	78,9	20,8	19,6	4,71	5,22	0,43	III 1	1	0,26	0,25	0,06	0,07	0,008
III 2	37,3	87,7	25,1	23,1	5,02	6,40	0,48	III 2	1	0,29	0,26	0,06	0,07	0,006
III 3	36,3	88,6	25,2	24,1	6,01	6,50	0,54	III 3	1	0,28	0,27	0,07	0,07	0,006

S t r o h														
U	33,7	10,8	61,3	9,80	12,1	1,40	0,91	U	1	5,68	0,91	1,13	0,13	0,08
Ko	52,3	12,6	109	11,5	14,6	2,21	2,21	Ko	1	8,70	0,91	1,16	0,18	0,18
Po	58,9	14,1	93,1	12,8	17,1	1,22	2,50	Po	1	6,59	0,90	1,20	0,09	0,18
I 1	53,2	12,7	84,0	12,2	16,5	1,20	2,32	I 1	1	6,59	0,96	1,29	0,09	0,18
I 2	60,4	13,9	99,7	13,7	17,5	1,40	2,81	I 2	1	7,18	0,99	1,26	0,10	0,20
I 3	58,3	21,6	118	13,8	19,2	0,58	3,60	I 3	1	5,48	0,64	0,89	0,03	0,17
II 1	56,2	15,2	88,8	13,3	17,4	2,01	2,02	II 1	1	5,86	0,88	1,14	0,13	0,13
II 2	59,3	12,5	93,7	14,1	16,0	1,11	2,70	II 2	1	7,53	1,13	1,29	0,09	0,21
II 3	63,7	17,2	102	15,4	19,7	1,80	4,01	II 3	1	5,92	0,90	1,15	0,11	0,23
III 1	54,8	12,6	99,7	12,8	14,8	0,82	3,41	III 1	1	7,92	1,02	1,17	0,07	0,27
III 2	65,4	15,0	109	15,6	18,3	0,78	3,90	III 2	1	7,21	1,04	1,21	0,05	0,26
III 3	64,2	18,0	119	15,3	19,9	0,58	5,10	III 3	1	6,60	0,85	1,11	0,03	0,29

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse

Zuckerrüben 1968

Körper

Variante	Ertrag dz/ha	Nährstoffentzug kg/ha				Mg	Na	Variante	Nährstoffverhältnis im Entzug					
		N	K	P	Ca				N	K	P	Ca	Mg	Na
U	76,3	36,1	67,4	12,7	10,3	11,6	5,11	U	1	1,86	0,36	0,29	0,33	0,14
Ko	116,1	66,4	79,9	21,2	15,8	18,9	7,40	Ko	1	1,47	0,32	0,23	0,28	0,11
Po	115,0	63,3	107	20,4	15,2	16,3	6,01	Po	1	1,69	0,32	0,24	0,26	0,09
I 1	109,4	61,0	97,3	19,1	16,2	15,8	4,91	I 1	1	1,59	0,31	0,27	0,26	0,08
I 2	120,5	73,6	110	20,2	16,1	18,1	6,11	I 2	1	1,49	0,27	0,22	0,25	0,08
I 3	128,2	84,5	133	22,7	16,9	19,2	8,80	I 3	1	1,56	0,27	0,24	0,23	0,10
II 1	100,6	56,1	89,4	17,6	14,9	14,5	4,52	II 1	1	1,59	0,31	0,27	0,26	0,08
II 2	117,2	71,6	107	19,7	15,7	17,6	6,02	II 2	1	1,49	0,27	0,22	0,25	0,08
II 3	123,9	81,7	128	21,9	16,4	18,6	8,50	II 3	1	1,56	0,27	0,20	0,23	0,10
III 1	113,9	63,6	101	19,9	16,9	16,4	5,11	III 1	1	1,59	0,31	0,27	0,26	0,08
III 2	124,5	76,1	114	20,9	16,7	18,7	6,30	III 2	1	1,49	0,27	0,22	0,25	0,08
III 3	132,1	87,1	136	23,4	17,4	19,8	9,10	III 3	1	1,56	0,27	0,20	0,23	0,10

Blatt

U	34,6	60,9	123	9,20	34,9	15,6	U	1	1,02	0,15	0,57	0,26	0,90
Ko	54,0	109,6	167	15,1	53,5	27,0	Ko	1	1,52	0,14	0,48	0,25	0,92
Po	55,6	107,3	214	14,3	65,6	31,1	Po	1	1,98	0,13	0,61	0,29	1,02
I 1	52,4	100,6	194	14,7	53,4	23,3	I 1	1	1,92	0,15	0,53	0,23	0,98
I 2	56,7	110,0	220	15,9	65,2	21,8	I 2	1	2,00	0,14	0,59	0,20	1,13
I 3	63,7	133,1	279	16,4	73,3	29,0	I 3	1	2,09	0,12	0,55	0,22	0,98
II 1	50,2	96,4	186	14,1	51,2	22,3	II 1	1	1,92	0,15	0,53	0,23	0,98
II 2	55,1	106,9	214	15,4	63,4	21,2	II 2	1	2,00	0,14	0,59	0,20	1,13
II 3	62,1	129,8	271	16,0	71,4	28,3	II 3	1	2,09	0,12	0,55	0,22	0,98
III 1	47,5	91,2	176	13,3	48,5	21,1	III 1	1	1,92	0,15	0,53	0,23	0,98
III 2	56,7	110,0	220	15,9	65,2	21,8	III 2	1	2,00	0,14	0,55	0,20	1,13
III 3	59,4	114,7	260	15,3	68,3	27,0	III 3	1	2,09	0,12	0,59	0,22	0,98

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse

Winterweizen 1969

K o r n

Variante	Ertrag dz/ha	Nährstoffentzug kg/ha					Nährstoffverhältnis im Entzug							
		N	K	P	Ca	Mg	Na	Variante	N	K	P	Ca	Mg	Na
U	21,4	32,5	11,6	9,81	1,11	2,60	0,17	U	1	0,36	0,30	0,03	0,08	0,005
Ko	35,6	60,1	19,0	15,0	1,80	4,51	0,32	Ko	1	0,32	0,26	0,03	0,08	0,005
Po	38,5	64,7	20,4	17,1	1,81	4,60	0,19	Po	1	0,31	0,26	0,03	0,07	0,003
I 1	31,9	48,5	17,0	13,7	1,52	3,90	0,22	I 1	1	0,35	0,28	0,03	0,08	0,005
I 2	41,4	71,6	22,5	18,8	2,12	5,02	0,20	I 2	1	0,31	0,26	0,03	0,07	0,003
I 3	44,3	85,1	23,9	20,7	2,60	5,20	0,40	I 3	1	0,28	0,24	0,03	0,06	0,005
II 1	33,0	51,8	17,5	14,7	1,70	4,01	0,20	II 3	1	0,34	0,28	0,03	0,08	0,004
II 2	38,1	63,2	20,4	16,7	1,91	4,58	0,19	II 2	1	0,32	0,26	0,03	0,07	0,003
II 3	43,2	82,1	23,3	20,5	2,21	5,51	0,35	II 3	1	0,28	0,25	0,03	0,07	0,004
III 1	29,8	47,7	16,1	13,4	1,52	3,82	0,15	III 3	1	0,34	0,28	0,03	0,08	0,003
III 2	34,5	58,3	18,6	15,5	1,70	4,50	0,17	III 2	1	0,32	0,27	0,03	0,08	0,003
III 3	44,3	85,5	24,1	19,0	2,40	5,80	0,22	III 3	1	0,28	0,22	0,03	0,07	0,003

S t r o h

U	32,3	8,40	30,4	3,80	6,11	1,71	0,26	U	1	3,61	0,45	0,73	0,20	0,03
Ko	53,9	15,6	66,3	4,71	11,3	1,80	0,43	Ko	1	4,24	0,30	0,72	0,11	0,03
Po	56,7	17,6	73,1	4,90	11,1	1,91	0,40	Po	1	4,16	0,28	0,63	0,11	0,02
I 1	59,5	16,7	65,5	7,11	11,9	2,01	0,24	I 1	1	3,92	0,43	0,71	0,12	0,01
I 2	55,0	16,5	73,2	5,82	11,6	1,11	0,22	I 2	1	4,43	0,35	0,70	0,07	0,01
I 3	66,9	22,1	79,6	6,02	12,4	2,31	0,27	I 3	1	3,61	0,27	0,56	0,11	0,01
II 1	55,6	15,6	60,6	5,81	10,4	1,70	0,22	II 1	1	3,90	0,38	0,67	0,11	0,01
II 2	61,8	19,1	88,4	6,01	13,0	1,42	0,37	II 2	1	4,62	0,31	0,68	0,04	0,02
II 3	59,0	20,1	100	6,01	12,7	1,82	0,41	II 3	1	5,00	0,30	0,53	0,09	0,02
III 1	56,7	14,7	63,5	5,62	9,91	2,20	0,34	III 1	1	4,30	0,38	0,67	0,15	0,02
III 2	57,8	16,8	76,3	6,02	10,7	2,30	0,40	III 2	1	4,56	0,36	0,64	0,14	0,02
III 3	64,6	21,3	103	7,01	13,0	1,51	0,52	III 3	1	4,84	0,33	0,61	0,07	0,02

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse

Sommergerste 1970

K o r n

Variante	Ertrag dz/ha	Nährstoffentzug kg/ha					Na	Variante	Nährstoffverhältnis im Entzug					
		N	K	P	Ca	Mg			N	K	P	Ca	Mg	Na
U	22,0	37,4	15,6	12,0	1,80	2,81	0,24	U	1	0,42	0,32	0,05	0,07	0,006
Ko	36,6	64,1	23,1	18,9	2,61	4,80	0,37	Ko	1	0,36	0,29	0,04	0,08	0,006
Po	37,0	64,0	21,5	18,1	2,61	5,11	0,30	Po	1	0,34	0,28	0,04	0,08	0,005
I 1	30,7	52,2	19,1	15,6	2,32	4,42	0,28	I 1	1	0,37	0,30	0,04	0,08	0,005
I 2	36,3	65,3	22,7	18,9	2,70	5,61	0,29	I 2	1	0,35	0,29	0,04	0,09	0,004
I 3	41,9	87,6	27,3	23,2	3,11	7,60	0,41	I 3	1	0,31	0,26	0,04	0,09	0,005
II 1	30,0	47,1	17,2	14,2	2,11	4,11	0,28	II 1	1	0,36	0,30	0,04	0,09	0,005
II 2	34,9	66,0	21,5	18,1	2,71	5,32	0,24	II 2	1	0,33	0,27	0,04	0,08	0,004
II 3	41,2	79,5	27,2	22,9	3,30	7,11	0,37	II 3	1	0,34	0,29	0,04	0,09	0,005
III 1	31,4	52,1	18,7	15,5	2,32	4,50	0,25	III 1	1	0,36	0,30	0,04	0,09	0,005
III 2	36,6	62,8	21,6	18,1	2,61	5,31	0,25	III 2	1	0,34	0,29	0,04	0,08	0,004
III 3	41,2	89,4	29,0	23,9	3,40	8,01	0,41	III 3	1	0,32	0,27	0,04	0,09	0,005

S t r o h

U	12,5	5,30	14,3	1,90	4,21	0,44	U	1	2,72	0,36	0,80	0,08	0,10
Ko	24,9	8,71	26,4	2,81	8,01	0,42	Ko	1	3,01	0,35	0,92	0,05	0,14
Po	24,5	7,80	37,7	2,11	6,62	0,39	Po	1	4,81	0,27	0,84	0,05	0,21
I 1	21,9	5,52	29,1	2,02	5,21	0,28	I 1	1	5,32	0,36	0,94	0,12	0,26
I 2	24,0	8,21	44,2	2,31	6,01	0,34	I 2	1	5,41	0,28	0,74	0,04	0,21
I 3	28,2	12,7	61,5	2,90	8,30	0,35	I 3	1	4,84	0,23	0,65	0,17	0,20
II 1	18,7	4,90	24,1	1,70	4,50	0,65	II 1	1	4,96	0,36	0,92	0,13	0,19
II 2	24,3	7,51	37,7	2,42	6,81	0,53	II 2	1	5,00	0,32	0,90	0,07	0,15
II 3	26,1	9,90	50,9	2,71	7,90	0,50	II 3	1	5,10	0,27	0,79	0,05	0,23
III 1	20,1	5,81	25,3	2,21	6,41	0,70	III 1	1	4,34	0,37	1,09	0,12	0,17
III 2	24,3	7,80	40,8	2,90	7,42	0,56	III 2	1	5,25	0,38	0,95	0,07	0,20
III 3	27,7	10,2	47,4	3,30	8,40	0,80	III 3	1	4,62	0,32	0,82	0,08	0,19

Erträge, Entzüge und Nährstoffverhältnisse

H a f e r 1971

K o r n

Variante	Ertrag dz/ha	Nährstoffentzug kg/ha					Na	Variante	Nährstoffverhältnis im Entzug					
		N	K	P	Ca	Mg			N	K	P	Ca	Mg	Na
U	31,8	57,6	21,4	18,0	4,01	5,30	0,38	U	1	0,37	0,31	0,07	0,09	0,007
Ko	36,0	74,9	23,9	21,6	4,91	5,81	0,54	Ko	1	0,32	0,29	0,06	0,08	0,007
Po	37,1	78,3	21,8	20,9	4,72	5,62	0,56	Po	1	0,26	0,27	0,06	0,07	0,007
I 1	39,4	87,9	26,4	33,6	6,02	7,01	0,43	I 1	1	0,30	0,38	0,07	0,08	0,005
I 2	39,4	95,3	28,1	27,6	6,31	7,30	0,55	I 2	1	0,29	0,29	0,07	0,08	0,006
I 3	40,2	89,6	29,3	27,0	6,01	7,52	0,56	I 3	1	0,33	0,30	0,07	0,08	0,006
II 1	36,8	71,0	20,4	20,5	4,42	5,30	0,33	II 1	1	0,29	0,29	0,06	0,08	0,005
II 2	41,7	90,9	28,9	27,4	5,90	7,22	0,46	II 2	1	0,32	0,30	0,07	0,08	0,005
II 3	36,8	84,6	22,6	23,6	5,21	6,31	0,48	II 3	1	0,27	0,28	0,06	0,07	0,006
III 1	38,7	83,6	22,4	22,0	5,01	6,21	0,43	III 1	1	0,27	0,26	0,06	0,07	0,005
III 2	37,9	88,7	26,2	24,6	5,60	7,01	0,49	III 2	1	0,30	0,28	0,06	0,08	0,006
III 3	39,0	90,9	26,8	25,2	5,80	7,00	0,59	III 3	1	0,29	0,28	0,06	0,08	0,006

S t r o h

U	45,8	15,1	137	14,1	9,40	1,81	U	1	9,09	0,94	0,62	0,12	0,43
Ko	54,3	16,3	165	16,2	11,0	2,42	Ko	1	10,1	0,99	0,67	0,15	0,62
Po	60,3	21,7	188	16,6	13,7	2,11	Po	1	8,64	0,77	0,63	0,10	0,61
I 1	60,9	17,7	199	19,0	13,4	1,60	I 1	1	11,3	1,08	0,76	0,09	0,81
I 2	65,7	25,0	235	21,9	15,5	1,41	I 2	1	9,42	0,88	0,62	0,05	0,64
I 3	62,7	29,5	226	20,1	15,4	1,61	I 3	1	7,66	0,68	0,52	0,05	0,56
II 1	60,3	16,3	176	17,7	12,1	2,70	II 1	1	10,8	1,09	0,74	0,16	0,77
II 2	62,1	26,1	221	19,1	15,5	1,12	II 2	1	8,47	0,73	0,60	0,04	0,52
II 3	60,3	27,1	210	18,0	15,4	1,50	II 3	1	7,73	0,66	0,57	0,06	0,60
III 1	56,7	20,4	192	18,5	14,1	1,91	III 1	1	9,41	0,91	0,69	0,07	0,58
III 2	67,5	27,0	228	21,7	17,3	1,91	III 2	1	8,43	0,80	0,64	0,07	0,64
III 3	66,9	28,8	244	20,7	16,4	1,70	III 3	1	8,48	0,72	0,57	0,06	0,67

Zum Abschluß dieser Arbeit sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr.Dr.h.c. E.von Boguslawski, für die Überlassung des Themas und für das große Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr.K. Grass für seine ständige Hilfsbereitschaft, die wertvollen Anregungen und die Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Ferner möchte ich meinen herzlichen Dank Herrn R. Schmidt abstaten, der mir seine Mitarbeit und seine wertvollen Hinweise zur Verfügung stellte.

Lebenslauf

Am 23. Januar 1940 wurde ich als Sohn des Beamten Hossein Farzaneh und seiner Ehefrau Ehteram in Kermanschah/Iran geboren.

- 1947-1953 Besuch der Grundschule
- 1953-1960 Besuch des Gymnasiums
- 1960 Abitur (Naturwissenschaftlicher Zweig)
- 1962 Ankunft in Deutschland
- 1963 Immatrikulation im Sommersemester an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Hohenheim
- 1963 Landwirtschaftliches Praktikum
- 1966 Immatrikulation im Wintersemester an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität Gießen
- 1969 Im September Diplomprüfung
- 1970 Ab April Doktorand am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität Gießen

